A richiesta il 5° DVD della serie "La conquista dello spazio"

Luglio 2010 € 3,90

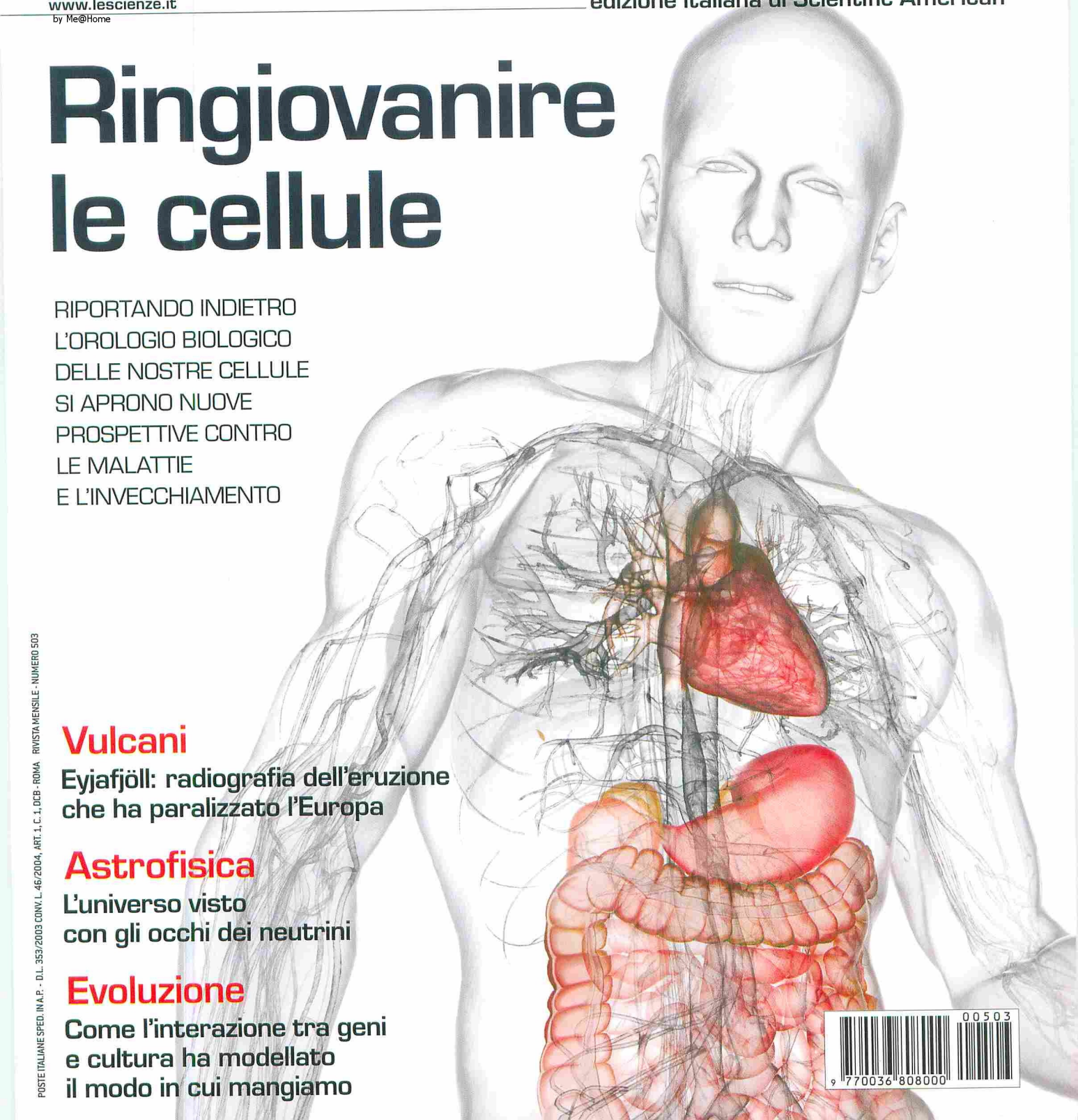
Le Scienze

www.lescienze.it
by Me@Home

edizione italiana di Scientific American

Ringiovanire le cellule

RIPORTANDO INDIETRO L'OROLOGIO BIOLOGICO DELLE NOSTRE CELLULE SI APRONO NUOVE PROSPETTIVE CONTRO LE MALATTIE E L'INVECCHIAMENTO



Vulcani

Eyjafjöll: radiografia dell'eruzione che ha paralizzato l'Europa

Astrofisica

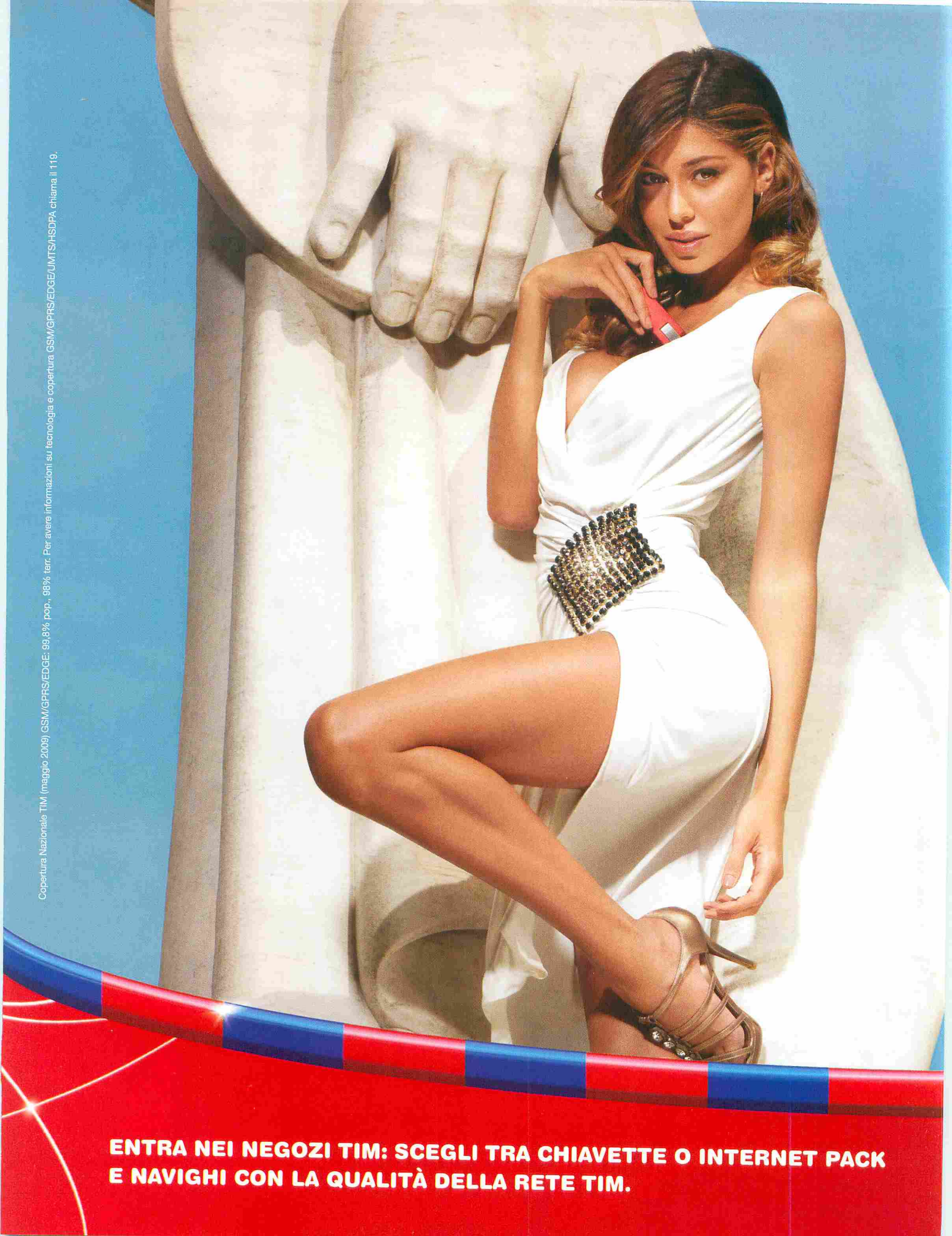
L'universo visto con gli occhi dei neutrini

Evoluzione

Come l'interazione tra geni e cultura ha modellato il modo in cui mangiamo

POSTE ITALIANE SPED. IN A.P. - D.L. 353/2003 CONV. L. 46/2004, ART. 1, C. 1, DCB - ROMA RIVISTA MENSILE - NUMERO 503

9 770036 808000 00503



Copertura Nazionale TIM (maggio 2009) GSM/GPRS/EDGE: 99,8% pop., 98% terr. Per avere informazioni su tecnologia e copertura GSM/GPRS/EDGE/UMTS/HSDPA chiama il 119.

ENTRA NEI NEGOZI TIM: SCEGLI TRA CHIAVETTE O INTERNET PACK E NAVIGHI CON LA QUALITÀ DELLA RETE TIM.

IO STO CON TIM.
E TU CON CHI STAI?

TIM

LEVISSIMA®

Nasce la nuova bottiglia da 50 cl con il 22% di plastica in meno. E l'ambiente ringrazia. Ancora una volta.

YOU PLANET
VIVI IL PIANETA RESPONSABILMENTE

Scopri di più su www.you4planet.it

La purezza di Levissima non è solo espressione di alta qualità, ma anche di costante attenzione al tema della responsabilità ambientale. E oggi, grazie alla **nuova bottiglia da 50 cl realizzata con il 22% di plastica in meno rispetto alla precedente**, Levissima introduce un'innovazione che in un anno permette di ridurre di circa 1.400 tonnellate le emissioni di CO_2. Queste sono solo piccole gocce del nostro impegno verso l'ambiente. Ma chi, da sempre, si prende cura dell'acqua, sa che ogni goccia è preziosa.

SI PRENDE CURA DELL'AMBIENTE
LEVISSIMA®

ALTISSIMA. PURISSIMA. LEVISSIMA.

LOWE PIRELLA FRONZONI

sommario

MEDICINA

48 **La cura che viene da dentro**

di Konrad Hochedlinger

Riprogrammare le cellule del nostro stesso corpo potrebbe dar loro il potenziale terapeutico delle cellule staminali embrionali. E senza controversie politiche

ASTROFISICA

56 **Con gli occhi dei neutrini**

di Graciela B. Gelmini, Alexander Kusenko e Thomas J. Weiler

Queste particelle non sono più soltanto un oggetto di studio dei fisici, ma uno strumento pratico per gli astronomi

GENETICA

64 **Geni, cultura e dieta**

di Olli Arjamaa e Timo Vuorisalo

Biologia e cultura non hanno agito in modo indipendente nello sviluppo della nostra dieta: recenti studi dimostrano che la loro interazione è stata fondamentale

SCIENZE DELLA TERRA

74 **Eyjafjöll: radiografia di un'eruzione**

di Michel Detay

Lo scorso aprile, l'eruzione di un vulcano in Islanda ha paralizzato il traffico aereo quasi per una settimana. Ma nell'isola altri vulcani sono pronti a risvegliarsi in un futuro non troppo remoto

NEUROSCIENZE

82 **La visione cieca**

di Beatrice de Gelder

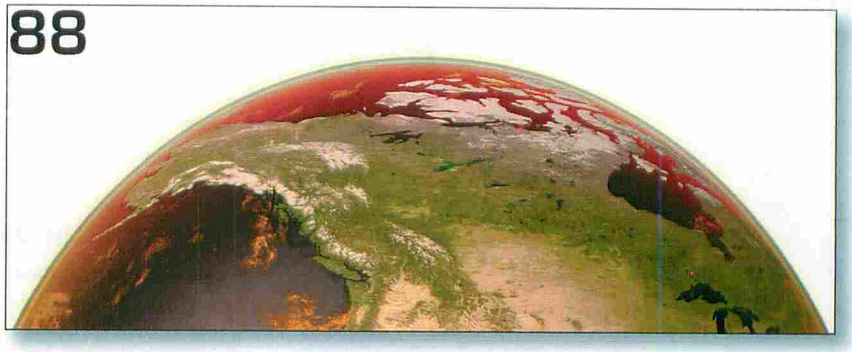
Alcune persone che hanno perso la vista per un danno cerebrale reagiscono alle espressioni dei volti e aggirano ostacoli, anche se non ne sono consapevoli

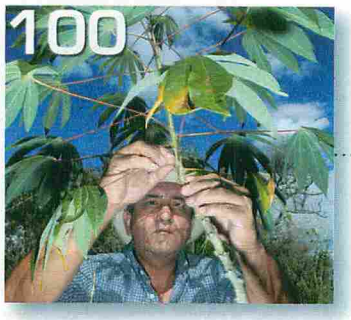
IN COPERTINA

Le cellule staminali pluripotenti indotte sono una grande promessa per la medicina (Brian Christie Design).

CAMBIAMENTO CLIMATICO
88 **Le piante artiche soffrono il caldo**
di Matthew Sturm
Il riscaldamento globale sta drasticamente modificando la tundra e le foreste dell'Artico, e lo stravolgimento di questi due ecosistemi potrebbe aggravare il cambiamento del clima

MEDICINA E TECNOLOGIE
96 **Una lente più potente per le malattie**
di Mike May
Grazie a vetrini digitalizzati, le diagnosi dei medici patologi saranno più rapide e accurate





AGRICOLTURA
100 **Nuove varietà di manioca per battere la fame**
di Nagib Nassar e Rodomiro Ortiz
La terza fonte di calorie al mondo può essere resa più produttiva e nutriente

IN AGOSTO

Altri mondi, altre stelle
2000-2009: da Mars Odyssey al lancio dei satelliti Herschel e Planck

In edicola a richiesta con «Le Scienze» di agosto l'ultimo DVD della collana **La conquista dello spazio**

Dopo il fallimento di due missioni marziane alla fine del 1999, la NASA si prende la rivincita con il successo del lancio della sonda Mars Odyssey; negli anni seguenti sarà raggiunta nell'orbita marziana dal satellite europeo Mars Express e poi dal Mars Reconnaissance Orbiter, mentre sul Pianeta Rosso scendono prima i rover Spirit e Opportunity, nel 2003, e poi nel 2008 il rover Phoenix. Altre sonde partono verso asteroidi e comete, mentre la New Horizons inizia il suo lunghissimo viaggio verso le regioni più estreme del sistema solare. Anche la cosmologia spaziale va avanti: nel 2009 l'ESA lancia i satelliti Herschel e Planck a 1,5 milioni di chilometri dalla Terra per studiare l'origine dell'universo.

Prosegue la costruzione della Stazione spaziale internazionale, con un importante contributo delle industrie italiane: alla fine, sarà made in Italy oltre il 50 per cento della parte abitabile della ISS. Grazie ai «passaggi» sulle Soyuz offerti dai russi, partono i primi turisti spaziali, e alcune imprese private imboccano la strada dello sviluppo di servizi spaziali commerciali.

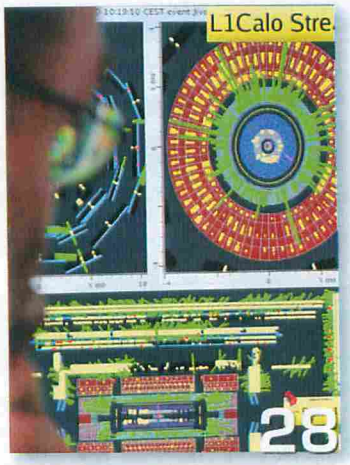
Ma nel 2003 la tragedia del Columbia spinge gli Stati Uniti a mandare in pensione gli shuttle alla fine del decennio, chiudendo un capitolo fondamentale dell'avventura umana nello spazio.

RISERVATO AGLI ABBONATI

▶ Gli abbonati possono richiedere l'intera collana **La conquista dello spazio**, composta da 6 DVD, al prezzo di € 35,00 (anziché € 41,40) oppure i singoli DVD al prezzo di € 6,90 ciascuno, telefonando al Servizio clienti: 199.700.721 (02.87082433 da telefoni pubblici o cellulari). Con le stesse modalità si può richiedere la collana **Mentimatematiche. I grandi incontri del Festival della Matematica** al prezzo di 59,00 euro (anziché 69,00) oppure i singoli DVD, al prezzo di 6,90 euro ciascuno.

▶ Sono inoltre disponibili, al prezzo di euro 7,90, tutti i volumi della **Biblioteca delle scienze**, che possono essere richiesti sempre al servizio clienti, agli stessi numeri telefonici e indirizzi indicati qui sopra.

le rubriche sommario



9 **Editoriale**
di Marco Cattaneo

10 **La biblioteca delle scienze**

14 **Scienza e società**
di Enrico Bellone
Incubi diurni nell'Italia dei tagli

16 **Lavori in corso**

18 **Geografie**
Dove si importano i formaggi

22 **Intervista**
di Giovanni Sabato
Una vita più lunga e in salute

24 **Made in Italy**
di Letizia Gabaglio
Una miniera di NO

PROSPETTIVE

26 **Sviluppi sostenibili**
di Jeffrey D. Sachs
Come ripianare i deficit nazionali

28 **Scienza e filosofia**
di Elena Castellani
Le stringhe tra fisica e filosofia

30 **Appunti di laboratorio**
di Edoardo Boncinelli
La storia del salmone morto

32 **Il matematico impertinente**
di Piergiorgio Odifreddi
Oggi le coniche

35 **Astri & Particelle**
di Roberto Battiston
Neutrini da Nobel

106 **Rudi matematici**
di Rodolfo Clerico, Piero Fabbri e Francesca Ortenzio
Forse, un forziere

108 **Libri & tempo libero**

112 **Ricerca improbabile**
di Marc Abrahams
Il suono di una ciocca di capelli

113 **Pentole & provette**
di Dario Bressanini
Il vino costoso è più buono?

Scienza news

37 L'economia verde dei parchi
38 Ecco la massa mancante
38 Un ammasso evoluto nel giovane cosmo
39 Supernove di terzo tipo
39 M83 vista dall'ESO
40 Piccoli, meravigliosi robot
40 Atomi in movimento nella fotosintesi
41 Acqua sulla Terra dei primordi
42 Tra morte e crescita
42 Quando l'isola si fa laboratorio
43 Competizione alimentare pianta-animale
43 Un nuovo bersaglio per colpire l'influenza A
44 Neurorazzismo
44 Punture contro il dolore
45 Come cambia la mortalità
46 Brevissime

Forse non ci sono riuscito perché il cane ci guardava.
ITLLY00016
Forse è qualcos'altro.
In Italia, nell'ultimo anno, oltre 300 mila uomini hanno detto basta con le scuse e hanno affrontato i loro problemi di erezione con l'aiuto di un medico. E tu?
basta scuse
Per informazioni: www.bastascuse.it
Campagna promossa da:
SIA Società Italiana di Andrologia
siams Società Italiana di Andrologia e Medicina della Sessualità
SIU SOCIETÀ ITALIANA DI UROLOGIA FONDATA NEL 1908
Con il contributo incondizionato di Eli Lilly Italia SpA

Tre storie di scienza

di Marco Cattaneo

Il 1° giugno, dai Laboratori nazionali del Gran Sasso dell'INFN, arrivava l'annuncio della prima osservazione diretta della trasformazione di un neutrino mu in neutrino tau nel fascio proveniente dal CERN di Ginevra. È un'importante conferma dell'oscillazione del neutrino prevista da Bruno Pontecorvo e già verificata da SuperKamiokande, in Giappone, e dal Sudbury Neutrino Observatory, in Canada. Ma non solo.

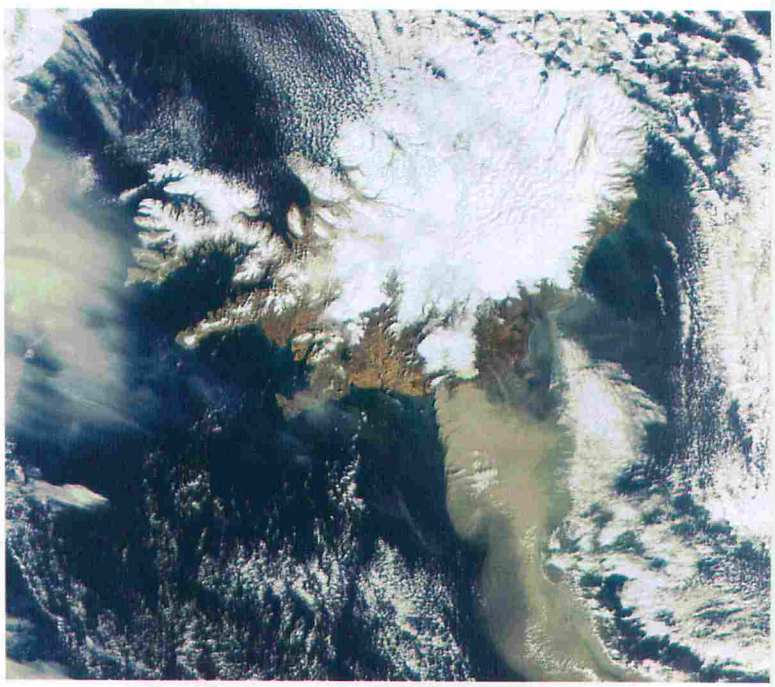
Per coglierne fino in fondo il rilievo dobbiamo ricordare che in marzo l'esperimento Borexino, sempre al Gran Sasso, aveva rivelato per la prima volta i neutrini di origine terrestre, prodotti dai decadimenti radioattivi che avvengono nel cuore del pianeta; questi neutrini ci permetteranno di approfondire le conoscenze sui fenomeni che governano la dinamica del nucleo e del mantello. Ed è utile anche leggere l'articolo di Graciela Gelmini e colleghi, a pagina 56, in cui illustrano come i neutrini diventeranno presto una fondamentale fonte di informazioni per gli astronomi, informazioni che non si possono cogliere con altri strumenti.

Ci sono voluti ottant'anni, da quando Wolfgang Pauli ne ipotizzò l'esistenza, ma finalmente la fisica sta cominciando a padroneggiare le particelle più sfuggenti della materia. O almeno di quella conosciuta, ma questa è un'altra storia.

Procedono sempre più spedite, invece, le ricerche sulle cosiddette cellule staminali pluripotenti indotte. Sono passati appena quattro anni da quando Shinya Yamanaka è riuscito a far regredire allo stadio staminale cellule epidermiche di topo inserendovi appena quattro geni. Quella «magia», oggi replicata in molti laboratori, promette un potenziale terapeutico sconfinato. Certo, ci sono ancora problemi tecnici da risolvere – come avverte Konrad Hochedlinger a pagina 48 – ma se pensiamo che non sono passati nemmeno 15 anni dalla clonazione della pecora Dolly i progressi della conoscenza in questo campo sono stati vertiginosi.

Altrettanto vertiginosa è stata, all'apparenza, l'improvvisa eruzione del vulcano islandese Eyjafjöll, «addormentato» da quasi due secoli, che ha costretto a terra per quasi una settimana gli aerei di mezza Europa per le insidie connesse alla gigantesca nube di polveri che ha riversato nei cieli del continente. Michel Detay, geologo francese che ha partecipato a una spedizione sul vulcano nei giorni dell'eruzione, mette in guardia – a pagina 74 – dal rischio del risveglio di altri vulcani, tra cui il Katla, vicino dell'Eyjafjöll, ma molto più pericoloso.

Augusto Neri, specialista di simulazioni dei processi vulcanici all'Istituto nazionale di geofisica e vulcanologia, discute invece l'efficacia delle simulazioni nel prevedere gli spostamenti della nube (*nella foto, da satellite*). Così l'eruzione islandese può essere vista anche come un'opportunità per raffinare i modelli e per ampliare le reti di misura in modo da ridurre l'incertezza nelle previsioni e migliorare i sistemi di gestione del rischio.



La morale di queste tre storie, in fondo, è semplice. La scienza ci mette a disposizione sempre più strumenti per conoscere la natura, convivere con essa nel modo più armonioso e sfruttarla a nostro beneficio. Senza nessuna pretesa di «dominarla», come ancora pensa qualcuno con una visione appannata e vecchia di qualche secolo.

ESA (l'eruzione dell'Eyjafjöll ripresa dal satellite europeo ENVISAT il 19 aprile 2010)

Alcuni dei nostri autori

KONRAD HOCHEDLINGER è professore di biologia rigenerativa e delle cellule staminali alla Harvard University e membro dell'Harvard Stem Cell Institute e dell'Howard Hughes Medical Institute.

OLLI ARJAMAA è professore associato del Centro d'eccellenza di genetica e fisiologia evoluzionistica dell'Università di Turku. Il suo campo di ricerca riguarda la fisiologia evolutiva dei peptidi natriuretici.

TIMO VUORISALO è senior lecturer in scienze ambientali e professore associato all'Università di Turku. Fra i suoi interessi di ricerca c'è soprattutto l'ecologia evoluzionistica.

BEATRICE DE GELDER insegna neuroscienze cognitive all'Università di Tilburg, nei Paesi Bassi. Studia le neuroscienze dell'elaborazione dei volti e delle emozioni.

MATTHEW STURM è ricercatore nel Corpo dei genieri dell'Esercito degli Stati Uniti. Di recente ha guidato una traversata di 4000 chilometri a bordo di «gatti delle nevi» attraverso le regioni artiche di Alaska e Canada.

Divertirsi con la matematica

Con «Le Scienze» di agosto *La piccola bottega delle curiosità matematiche del professor Stewart*, il libro di rompicapi matematici scritto da Ian Stewart

Che cosa accade se si stabilisce per legge il valore di π? Magari per ottenere, grazie a una norma approvata secondo i canoni della democrazia, la tanto famosa e impossibile quadratura del cerchio? È uno dei rompicapi che affollano *La piccola bottega delle curiosità matematiche del professor Stewart*, il libro in edicola a richiesta con «Le Scienze» di agosto. Il professore in questione è Ian Stewart, docente di matematica all'Università di Warwick, uno dei più importanti e prolifici divulgatori di questo campo della scienza, e nome noto ai lettori della rivista per essere stato il successore del leggendario Martin Gardner, scomparso alla fine di maggio, nella rubrica di giochi matematici pubblicata su «Scientific American» e appunto su «Le Scienze», un *cult* sia per gli appassionati del genere sia per i curiosi insaziabili.

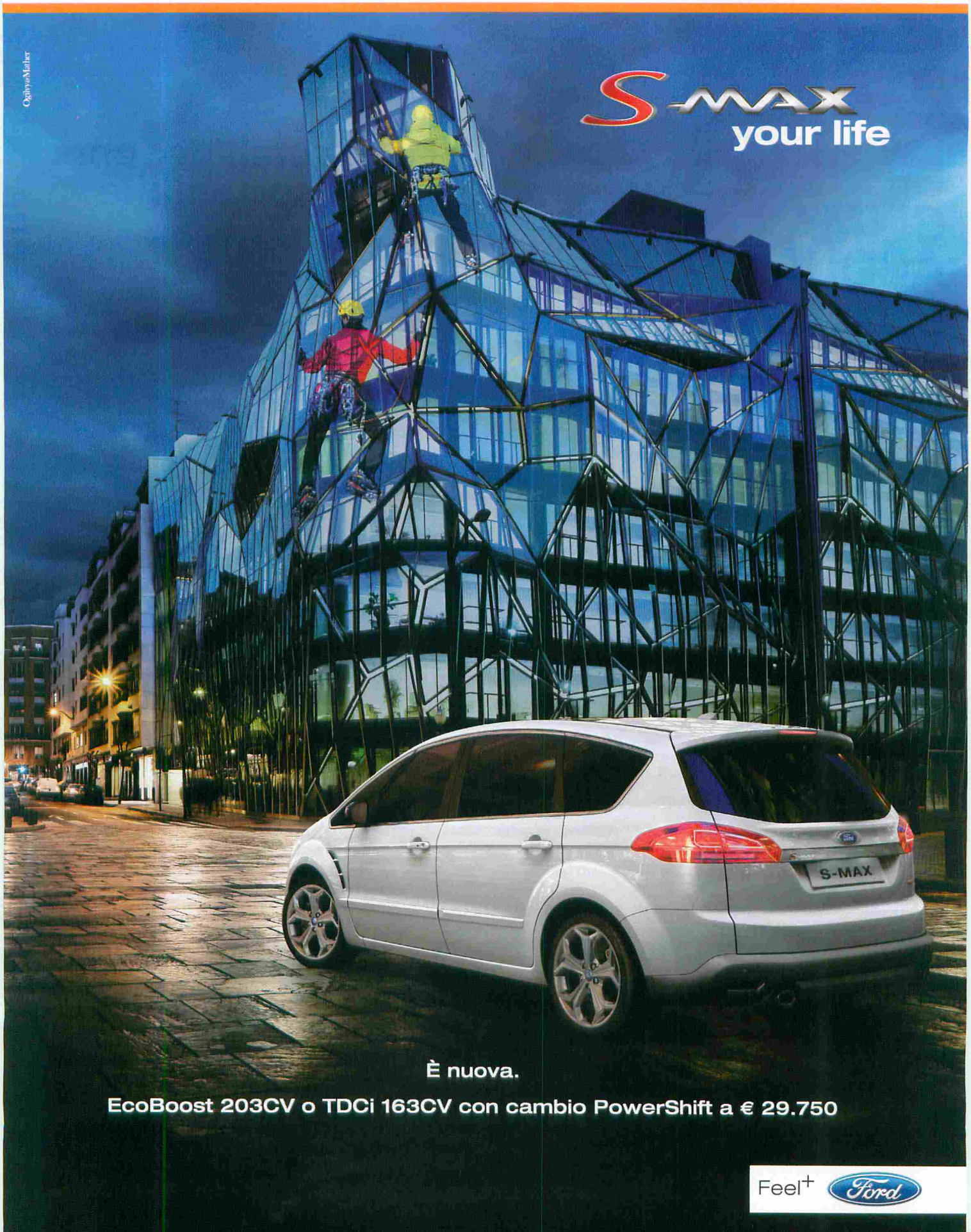
Oltre ai rompicapi veri e propri, il libro offre giochi, fatti e scoperte di carattere storico ricavati dal materiale raccolto da Stewart nel corso degli anni. Come racconta l'autore, a 14 anni aveva iniziato «a segnare su un taccuino tutte le cose matematiche interessanti che non venivano insegnate a scuola», scoprendo che erano moltissime, tanto da dover comprare un nuovo taccuino. E poi un altro, e poi un altro ancora. Fino a un totale di sei. Da questo bizzarro, sterminato archivio personale e da una penna felice nasce *La piccola bottega*, un testo organizzato in oltre 170 brevi capitoli, ciascuno scritto con stile e illustrato in modo chiaro, quando necessario.

Ci sono anche problemi che hanno catturato o ancora catturano la mente dei migliori matematici del passato e del presente. Per esempio si parla dell'ipotesi dei Riemann e del problema formalizzato nell'equazione $P = NP$, uno dei cosiddetti «problemi del Millennio», per la cui soluzione c'è in palio un premio da un milione di dollari. Ci sono anche paragrafi più brevi, che rivelano fatti e scoperte interessanti riguardo argomenti familiari e tuttavia affascinanti. Vere e proprie opportunità per viaggi nella storia dei numeri, partendo da Eulero, Pitagora ed Euclide per passare a Lagrange, Poincaré e Möbius, che offrono anche la possibilità di capire come menti di questo calibro abbiano scoperto un problema, sia nel mondo reale sia in quello etereo della matematica non applicata, e come lo abbiano risolto.

La maggior parte dei rompicapi proposti da Stewart, la parte più consistente del libro, richiede più capacità logiche che conoscenze puramente matematiche. E nella parte finale ci sono anche le soluzioni, ovviamente per i problemi che ne hanno. Per gli altri resterà il dubbio eterno, come insinua divertito l'autore, per il quale il vero obiettivo del libro è far viaggiare il lettore in modo stimolante nel mondo dei numeri e della geometria, spesso trasportando la matematica nella vita reale, in modo da applicare i problemi alla vita di tutti i giorni. Ed ecco spiegato l'universo di cavalli, gatti, ponti, astronauti, fiammiferi che affolla la piccola bottega del matematico britannico, impreziosita di tanto in tanto con tranelli e barzellette, grazie a cui la lettura è scorrevole e divertente. Lettura che può iniziare da qualsiasi pagina. Anzi, potrebbe essere addirittura un modo per lanciare una sfida agli amici: si apre a caso e vince chi risponde in modo esatto al problema uscito.

Per tornare alla proposta di legge sul π, esiste davvero, come racconta Stewart. Fu pensata tanti tempo fa – era il 1897 – negli Stati Uniti, per essere precisi nell'Indiana. Non fu mai votata in maniera definitiva e la sua approvazione fu rimandata di anno in anno, fino ad arrivare a oggi. Attualmente la proposta giace ancora in qualche archivio del piccolo Stato federale statunitense, in attesa di diventare norma a tutti gli effetti. Sempre che qualcuno abbia il coraggio e la follia di approvare una legge del genere, che probabilmente avrebbe fatto inorridire gli abitanti dell'antica Grecia, culla della democrazia, i quali erano affascinanti e inorriditi allo stesso tempo da un numero composto da infinite cifre.

Offerta valida fino al 31/07/2010 per S-MAX EcoBoost 203CV o TDCi 163CV solo per vetture in stock, grazie al contributo dei FordPartner. IPT esclusa. S-MAX: consumi da 6,0 a 8,1 litri/100 km (ciclo misto); emissioni CO_2 da 159 a 189 g/km. La vettura in foto può contenere accessori a pagamento.



IMPRESA
GIOVANI
QUALITÀ
PAESAGGIO
SICUREZZA
CLIMA
ACQUA
ENERGIA
BIODIVERSITÀ
COESIONE
BANDA LARGA

Le **aree rurali** per uno sviluppo **sostenibile**

Le nuove sfide dell'agricoltura:

imprese giovani ed efficienti
per valorizzare i prodotti del territorio
e tutelare ambiente e paesaggio

Il futuro dell'agricoltura non è più legato solo alla produzione di materie prime per l'alimentazione, ma anche alla sua centralità nella tutela dell'ambiente e del territorio, a beneficio di tutti.
In coerenza con questo nuovo ruolo, la politica agricola comunitaria ha deciso di rafforzare il sostegno allo sviluppo delle aree rurali, dove l'agricoltura ha le sue radici più salde ed un peso socio-economico più rilevante. Su questa nuova missione, rispondente alle esigenze di tutti i cittadini, dal 2009 l'Unione europea ha individuato 4 nuove sfide: **cambiamenti climatici, energie rinnovabili, gestione delle risorse idriche e biodiversità**. Per raggiungere questi obiettivi, l'ultima riforma della Politica Agricola Comune del 2009 (Health Check) ha aumentato i fondi per lo sviluppo rurale: la dotazione finanziaria a disposizione dell'Italia, dove le aree rurali coprono il 92% del territorio e concentrano oltre la metà della popolazione, è salita da 16,6 a 17,6 miliardi di euro fino al 2013.
In Italia, la politica di sviluppo rurale è coordinata dal Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali, che con il Piano Strategico Nazionale per lo sviluppo rurale 2007-2013 ha fissato le priorità, recepite in misure operative con i Programmi di sviluppo rurale delle singole Regioni, cui spetta la gestione degli interventi.

" le sfide: clima, energia, risorse idriche, biodiversità"

QUESTI GLI OBIETTIVI:

1. **RAFFORZARE LA COMPETITIVITÀ** del settore agricolo e forestale e favorire il ricambio generazionale;

2. **VALORIZZARE AMBIENTE E SPAZIO RURALE** con la tutela della biodiversità e delle risorse idriche, contribuendo a ridurre i gas serra;

3. **MIGLIORARE LA QUALITÀ DELLA VITA**, promuovendo la diversificazione delle attività economiche per creare nuove opportunità di lavoro ed evitare lo spopolamento delle aree rurali.

Sono le nuove frontiere dello sviluppo sostenibile, in cui l'agricoltura svolge un ruolo da protagonista nel ridurre gli squilibri socio-economici, rafforzare i legami tra attività produttive e salvaguardia dell'ambiente e del paesaggio, valorizzare la tradizione, non solo dei prodotti tipici, ma anche della cultura rurale e della vita contadina.

"L'AGRICOLTURA A BENEFICIO DI TUTTI"

Il Piano Strategico Nazionale per lo sviluppo rurale, elaborato dal Ministero delle politiche agricole, alimentari e forestali, ha l'obiettivo di sostenere la competitività del settore, valorizzare l'ambiente, migliorare la qualità della vita delle zone rurali ed allargare le potenziali fonti di reddito delle aziende. Con 17,6 miliardi di euro fino al 2013, cofinanziati dall' Unione Europea.

RETE RURALE NAZIONALE 2007 - 2013

MINISTERO DELLE POLITICHE AGRICOLE ALIMENTARI E FORESTALI

«Fondo europeo agricolo per lo sviluppo rurale: l'Europa investe nelle zone rurali»
Info e modalità di accesso ai finanziamenti su www.reterurale.it o sul sito della tua Regione

Paesaggio, la carta di **identità** delle **aree rurali**

La conservazione e valorizzazione del paesaggio rappresentano una delle nuove sfide per l'agricoltura indicate dalla riforma comunitaria dell'Health Check.
Una sfida che va interpretata sia in termini di difesa agro ambientale, sia in chiave di marketing territoriale, per valorizzare i prodotti locali, la cui qualità è strettamente legata all'identità del territorio da cui provengono.
A salvaguardia del paesaggio, sono previste azioni volte a promuovere l'adozione di pratiche agricole tradizionali particolarmente rispettose dell'ambiente, il recupero di manufatti rurali di pregio, il mantenimento delle sistemazioni agrarie caratteristiche di ogni area.
La tutela della biodiversità è l'altra sfida indicata dalla Politica Agricola dell'Unione europea.
La varietà di habitat e la presenza di numerose specie animali e vegetali assicurano all'Italia il primato nella scala mondiale della biodiversità, con 665 specie coltivate e 57.400 specie animali.

« Agricoltura custode della biodiversità»

Il Piano Strategico Nazionale considera l'integrazione tra biodiversità e agricoltura uno degli obiettivi centrali da perseguire, riconoscendo all'agricoltura un ruolo fondamentale, sia per la conservazione, in azienda, delle specie vegetali e delle razze animali in via d'estinzione, sia per la tutela degli habitat ad alta valenza naturale.
Nei Programmi regionali sono previsti incentivi a favore degli agricoltori per la conservazione in azienda delle specie vegetali e per la salvaguardia delle 123 razze animali considerate in via d'estinzione.

"L'AGRICOLTURA A BENEFICIO DI TUTTI"

Il Piano Strategico Nazionale per lo sviluppo rurale, elaborato dal Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali, ha l'obiettivo di sostenere la competitività del settore, valorizzare l'ambiente, migliorare la qualità della vita delle zone rurali ed allargare le potenziali fonti di reddito delle aziende. Con 17,6 miliardi di euro fino al 2013, cofinanziati dall' Unione Europea.

RETE RURALE NAZIONALE 2007 - 2013

MINISTERO DELLE POLITICHE AGRICOLE ALIMENTARI E FORESTALI

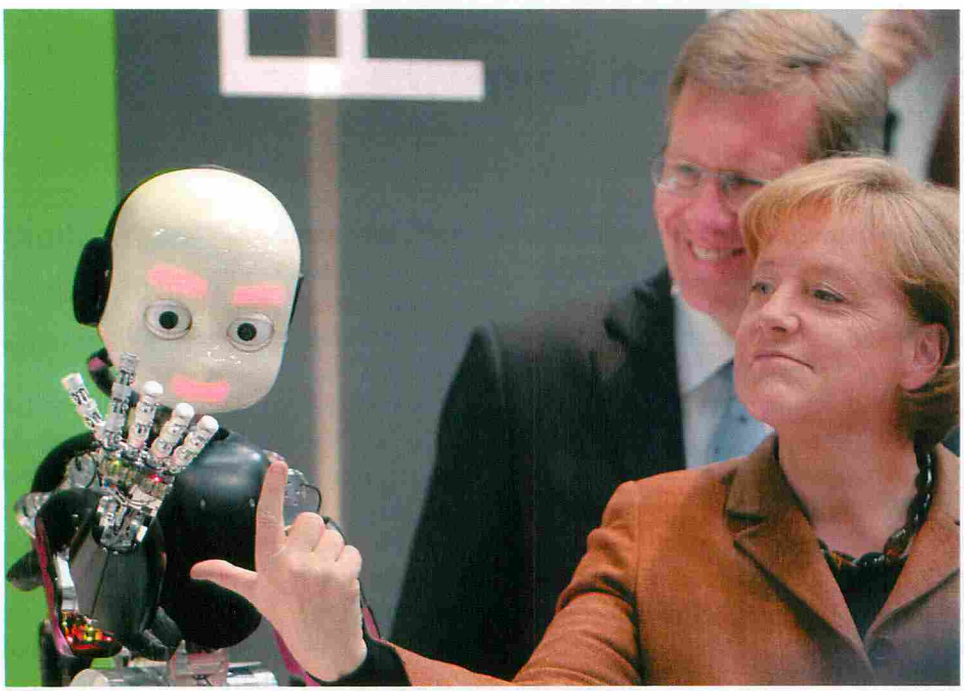
«Fondo europeo agricolo per lo sviluppo rurale: l'Europa investe nelle zone rurali»
Info e modalità di accesso ai finanziamenti su www.reterurale.it o sul sito della tua Regione

Incubi diurni nell'Italia dei tagli

di Enrico Bellone

Rubo parte del titolo della rubrica a un libro recente. Un libro che mi è piaciuto, e di cui farò cenno in chiusura. Ma andiamo con ordine. Ai primi di giugno, Andrea Tarquini riassume su «la Repubblica» i punti centrali della grande manovra finanziaria tedesca. Un progetto che mette in campo, nell'arco di pochi anni, più di 80 miliardi di euro.

Una bella cifra, che dovrebbe servire per rimettere in ordine i conti con una valanga di tagli. Ma i tagli non sono su tutto. Il giornalista sottolinea infatti che «solo ricerca e sviluppo, istruzione e alte tecnologie, e pensioni, sono esentate dai tagli». E inoltre precisa che il cancelliere Angela Merkel intende limitare le spese per la difesa: riduzione di 40.000 uomini per l'esercito e rinuncia ad armamenti modernissimi.



UN OCCHIO ALLA RICERCA. Il cancelliere Angela Merkel, che ha escluso dai pesanti tagli dell'ultima finanziaria tedesca il mondo della ricerca, osserva iCub, sviluppato da un consorzio europeo a cui partecipano anche enti italiani, penalizzati dai tagli del nostro Governo.

Ci vuole coraggio, per agire così. E da noi? Ricordo subito un breve intervento di Massimo Gramellini su «La Stampa» del 2 giugno, dove leggo che il nostro paese, mentre si discute di sacrifici per 24 miliardi di euro, investe 29 miliardi di euro per dotarsi di 121 nuovissimi aerei da caccia, 131 cacciabombardieri F-35 e 100 elicotteri NH90. Un investimento da inquadrare nella cornice austera delle riduzioni dei fondi sulla cultura e sulla ricerca scientifica. Ricordo questa notizia per due motivi: ci vuole coraggio per comportarsi in questo modo, e altrettanto coraggio per non farne un caso nazionale. In effetti, non ho ascoltato proteste politiche di ampio respiro: e non credo che Gramellini si sia inventato la storia. Anzi, Gianluca Di Feo e Umberto Veronesi la confermano e la aggravano su «L'Espresso» del 17 giugno.

Aerei a parte, resta l'indifferenza verso la cultura. Un dato costante, questo. In un vecchio editoriale dell'aprile 2001 parlavo di un'iniziativa dell'allora ministro Tullio De Mauro, il quale aveva proposto di rendere tra loro equivalenti l'area matematica e quella linguistica, di potenziare l'insegnamento delle scienze e di abituare i cittadini alla lettura. Fu travolto dalle critiche e dal dileggio, nonché dall'accusa di essere un «tecnico». Ma soprattutto ricordo che le agenzie di stampa riferirono che De Mauro, in quella situazione, si era scoraggiato al punto di commuoversi in pubblico. Nel mio editoriale gli esprimevo allora tutta la mia solidarietà.

Ed ecco infine il libro cui sto rubando il titolo: *Incubi diurni*. L'ha appena scritto Carlo Bernardini per Laterza. Vi leggo una frase schietta: «Tagliare i canali (fondi, posti, scuole) di promozione delle competenze e delle attività scientifiche è una sorta di trogloditismo politico».

Un breve commento personale è d'obbligo. Sono d'accordo sul «trogloditismo»: come definire, infatti, una politica che affonda la cultura e la ricerca mentre arricchisce le Forze Armate con una valanga di miliardi sulla quale quasi tutti tacciono? E che cosa potremo suggerire ai nostri giovani? Forse di scegliere tra cadere nello scoramento totale, imparare a guidare un F-35 o un NH90, oppure impegnarsi nella coltivazione delle rose. L'ultima scelta ha comunque una storia egregia alle spalle. Si racconta che Voltaire, in un momento difficile della sua vita, avesse detto che nessuno avrebbe potuto impedirgli di interessarsi delle rose.

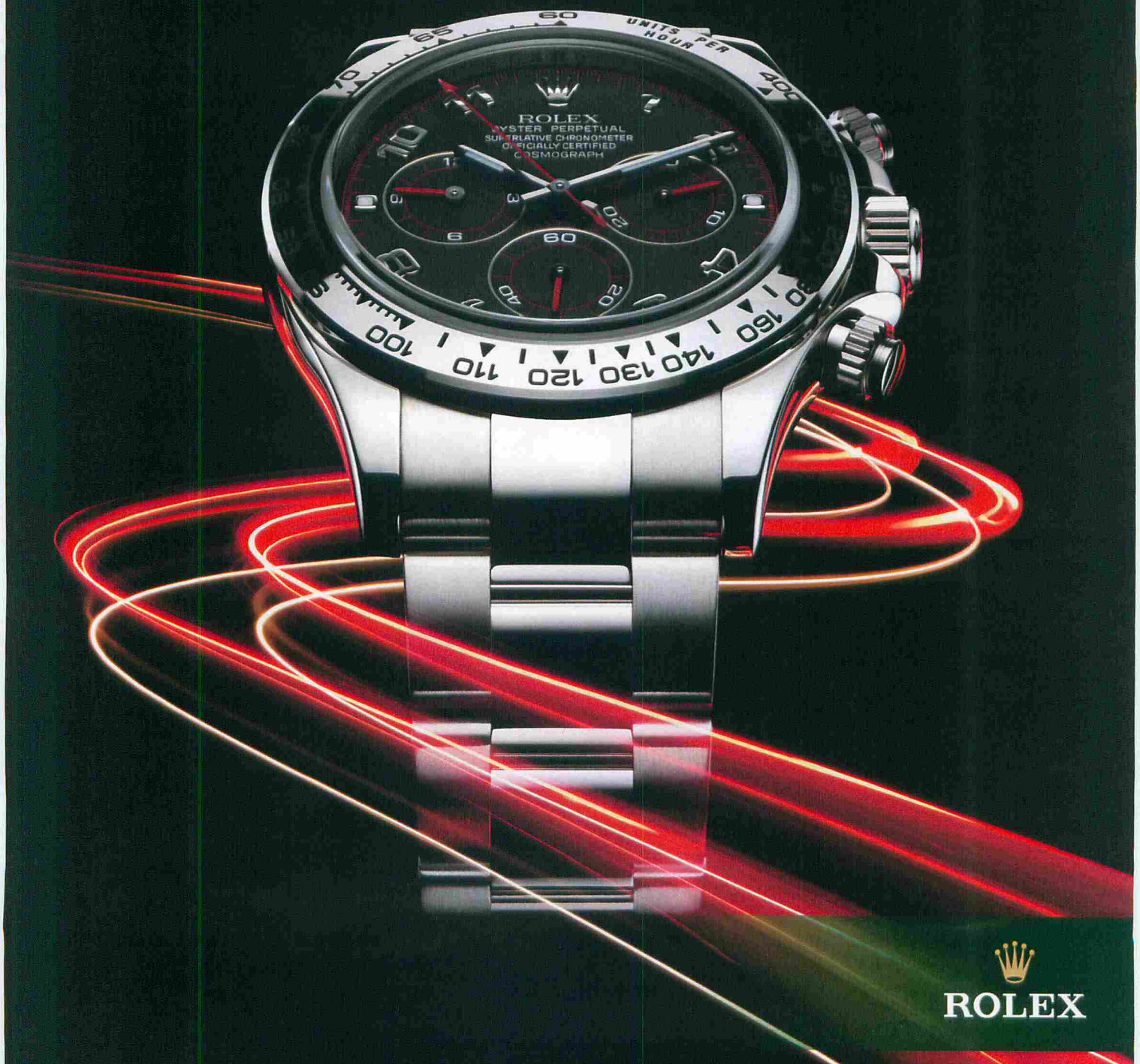
Altri tempi, quelli. Tempi che lasciavano anche spazio a quell'ottimismo che pure oggi dobbiamo mantenere. Non è infatti possibile che gli italiani non si rendano conto di che cosa sta succedendo in questo paese. Malgrado gli incubi, c'è sempre una lucina, là in fondo al tunnel.

Focke Strangmann/Agn Photo/La Presse

L' OROLOGIO DEL PILOTA

L'Oyster Perpetual Cosmograph Daytona è l'orologio di riferimento dei professionisti sia in pista che fuori. Icona dal 1963, anno della sua presentazione, il Daytona può misurare perfettamente un tempo trascorso e calcolare una velocità media. È indispensabile quanto i comandi di bordo del pilota. Il Cosmograph Daytona identifica coloro che amano la guida e l'eleganza. Visita **ROLEX.COM**. E continua ad esplorare.

COSMOGRAPH DAYTONA



ROLEX

Non solo colpa nostra

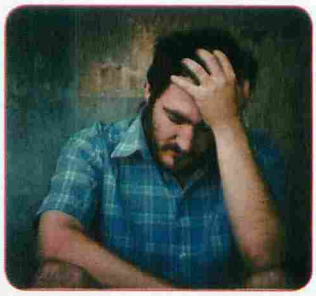
Lo scioglimento dei ghiacciai non è causato solo dal riscaldamento globale prodotto dalle attività umane. Secondo uno studio di Matthias Huss, glaciologo dell'Università di Friburgo, anche i cicli climatici naturali hanno un ruolo

GOCCIA DOPO GOCCIA. Il ghiacciaio di Ferpecle, uno dei ghiacciai svizzeri che rischiano di scomparire.

importante. In particolare sono responsabili per il 50 per cento dello scioglimento registrato negli ultimi decenni nei ghiacciai delle Alpi svizzere. Una scoperta che potrebbe essere valida anche per ghiacciai in altre parti del mondo.
Huss ha costruito modelli tridimensionali di 30 ghiacciai svizzeri, basandosi su 10.000 osservazioni sul campo registrate tra il 1908 e il 2008. Poi ha confrontato i modelli sia con i dati climatici globali sia con andamenti climatici regionali correlati a oscillazioni con frequenza pluridecennale della temperatura superficiale dell'Oceano Atlantico (Atlantic Multidecadal Oscillation, AMO). I risultati, pubblicati su «Geophysical Research Letters», hanno mostrato che le variazioni a lungo termine della massa dei ghiacciai hanno seguito il ciclo dell'AMO. Ma attenzione, ciò non vuol dire che il riscaldamento globale non abbia un ruolo (si veda *La fisica del cambiamento climatico*, in «Le Scienze» n. 472, dicembre 2007). L'entità dello scioglimento è cresciuta nel tempo in parallelo con l'aumento delle temperature dovuto alla concentrazione sempre più elevata di gas serra.

Nuova area per la depressione

Nelle persone che soffrono di depressione maggiore unipolare, una forma grave del disturbo depressivo, alcuni circuiti mostrano un numero maggiore di connessioni a una particolare area del cervello fino a oggi sconosciuta (si veda *Circuiti cerebrali difettosi*, in «Le Scienze» n. 502, giugno 2010). Lo ha scoperto Yvette Sheline della Washington University School of Medicine con uno studio, pubblicato sui «Proceedings of the National Academy of Sciences», in cui grazie alla risonanza magnetica



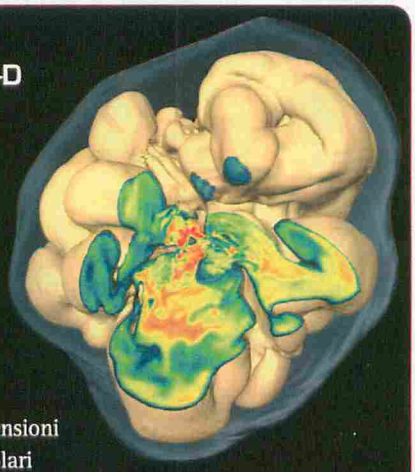
TROPPO CONNESSO. La depressione maggiore è dovuta a un'anomalia nelle connessioni di alcuni circuiti cerebrali.

funzionale (fMRI) ha analizzato e confrontato l'attività cerebrale di volontari depressi e non depressi. E ha osservato che nei depressi tre diversi circuiti cerebrali – quello emotivo, quello dedicato al controllo cognitivo e il *default mode network*, la cui attività aumenta durante lo svolgimento di compiti cognitivi semplici oppure a riposo – sono maggiormente connessi a un'area cerebrale della corteccia prefrontale dorsomediale mai identificata prima e battezzata *dorsal nexus* da Sheline. In futuro, secondo la ricercatrice, quest'area potrebbe diventare un sito interessante per terapie antidepressive.

Massa dei quark più precisa

Computer con potenza di calcolo estremamente elevata e simulazioni complesse. Questi gli strumenti che hanno permesso a G. Peter Lepage, della Cornell University, di ridurre drasticamente l'incertezza sulla massa dei quark su e giù, che formano protoni e neutroni. Nello studio, pubblicato su «Physical Review Letters», Lepage ha ottenuto una massa di 2,01 megaelettronvolt per il quark su e di 4,8 megaelettronvolt per il quark giù, con un'incertezza dell'1,5 per cento contro il 30 per cento delle stime precedenti.
Questi nuovi valori saranno molto utili ai fisici teorici che seguiranno gli esperimenti di LHC, l'acceleratore di particelle del CERN di Ginevra (si veda *L'imminente rivoluzione della fisica delle particelle*, in «Le Scienze» n. 476, aprile 2008).

Come muore una stella in 3-D



Un gruppo di ricerca diretto da Hans-Thomas Janka del Max-Planck-Institut für Astrophysik di Garching ha riprodotto per la prima volta l'esplosione di una supernova in tre dimensioni fin nei minimi particolari (si veda *Catastrofisica: quando esplode una stella*, in «Le Scienze» n. 460, dicembre 2006). La simulazione (*nell'immagine*), pubblicata su «Astrophysical Journal», copre un intervallo di tempo che inizia dai primi millisecondi successivi all'innesco del processo e arriva ad alcune ore dopo l'esplosione caratteristica.
La simulazione in 3-D ha mostrato differenze sostanziali rispetto ai modelli bidimensionali, evidenziando sia il modo in cui le asimmetrie iniziali emergono dal nucleo nei primi istanti dell'esplosione sia la distribuzione spaziale degli elementi chimici coinvolti. Ora l'obiettivo è ottenere un modello che riproduca tutte le caratteristiche osservate in esplosioni reali, come la supernova 1987A.

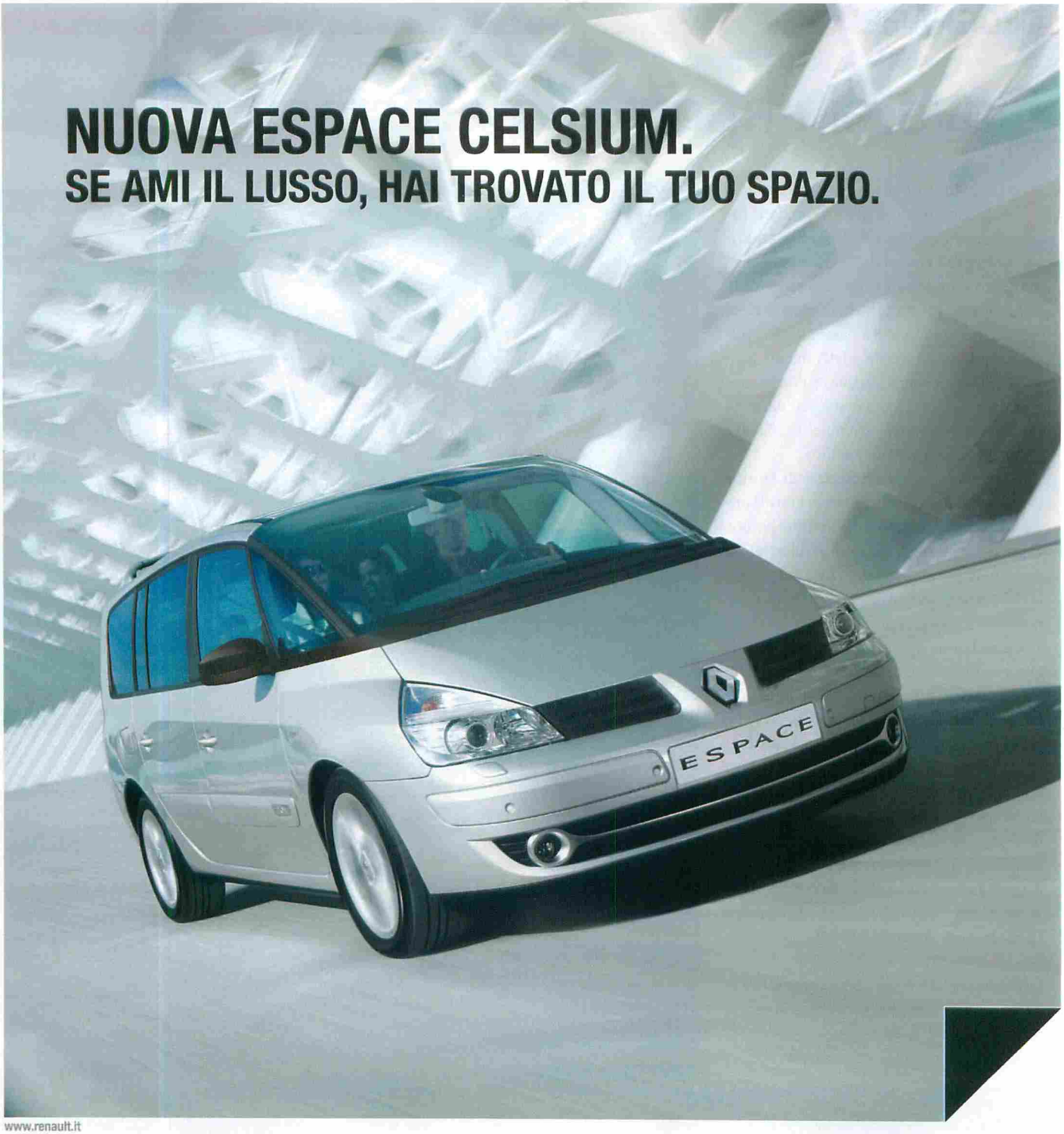
Errata corrige

Nel numero di maggio, nell'articolo *Dal laboratorio al business*, a p. 16, quarta riga del secondo paragrafo, c'è scritto: «I molluschi ottopodi però non sono una parolaccia, sono polpi e aragoste [...]». In realtà le aragoste non appartengono all'ordine degli ottopodi (*Octapoda*), appartengono invece all'ordine dei decapodi (*Decapoda*). Ce ne scusiamo con i lettori.

Keystone, Olivier Maire/AP Photo/LaPress (*ghiacciaio svizzero*); Amanda Rohde/iStockphoto (*uomo depresso*); Max-Planck-Institut für Astrophysik (*simulazione*)

NUOVA ESPACE CELSIUM.

SE AMI IL LUSSO, HAI TROVATO IL TUO SPAZIO.



www.renault.it

3 ANNI GARANZIA 150 000 km

EURO5

DRIVE THE CHANGE

RENAULT

NUOVA SERIE LIMITATA ESPACE CELSIUM 2.0 dCi 16v 175 CV A 30.500 €*.

Navigation System con Bluetooth® • Radio CD MP3 • Sellerie con trattamento Teflon® antimacchia • Cerchi in lega da 17" dall'esclusivo design Tellus • Privacy glass • Vernice metallizzata.

* Nuova Serie Limitata Renault Espace Celsium 2.0 dCi 16v 175 cv Euro 5 con Filtro Antiparticolato. Prezzo promozionale, chiavi in mano, comprensivo degli "Eco Incentivi Renault", IVA inclusa, IPT esclusa. Offerta valida fino al 31.07.2010 in collaborazione con la Rete Renault che aderisce all'iniziativa. Consumi (ciclo misto): 7,4 l/100 km. Emissioni CO_2: 195 g/km. Renault sceglie elf

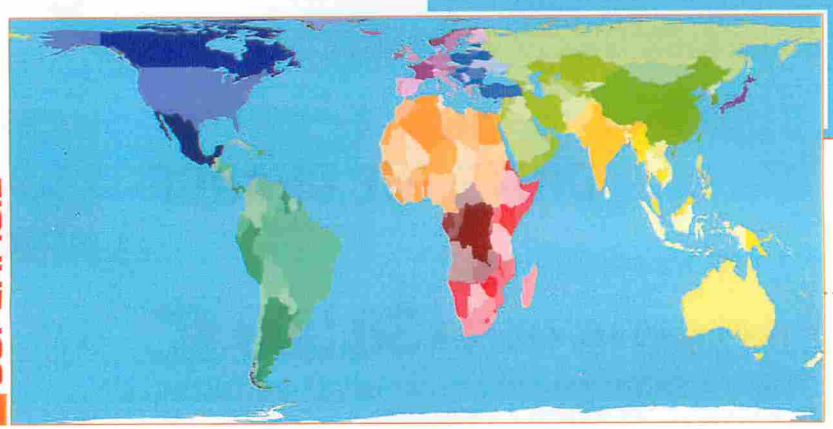
Dove si importano i formaggi

La mappa di questo numero riguarda le importazioni nette di prodotti caseari (latte, panna, burro, margarina formaggi e così via). Si può notare che i maggiori importatori si trovano soprattutto in Europa occidentale, Medio Oriente e Nord Africa, mentre numerosi paesi asiatici registrano un'importazione relativamente bassa di latte e suoi derivati. Questa distribuzione non è casuale, ma è dettata in parte da un processo evolutivo avvenuto tra 10.000 e 6000 anni fa, durante il Neolitico.

A quell'epoca, in alcune aree di Europa centrale, Medio Oriente e Africa, i nostri antenati avevano iniziato a domesticare pecore, capre e bovini sia come fonti *di* alimenti sia come fonti *per* alimenti. Una rivoluzione nella dieta resa possibile da un'altra rivoluzione neolitica: l'agricoltura.

Come hanno dimostrato le analisi genetiche, l'introduzione di una dieta ricca di latte e suoi derivati ha selezionato individui portatori di una particolare variante genica che permette di degradare il lattosio del latte evitando pericolose intolleranze alimentari. Così una delle grandi innovazioni del passato remoto è arrivata fino ai giorni nostri, lasciando traccia negli scambi commerciali che attraversano il pianeta e fornendo un esempio di coevoluzione biologica e culturale che permette di fare luce sull'evoluzione della nostra specie (*si veda l'articolo a p. 64*).

Le dimensioni dei paesi sono proporzionali al valore in dollari delle sue importazioni nette di prodotti caseari. Nella mappa qui sotto sono riportate le dimensioni reali dei paesi.



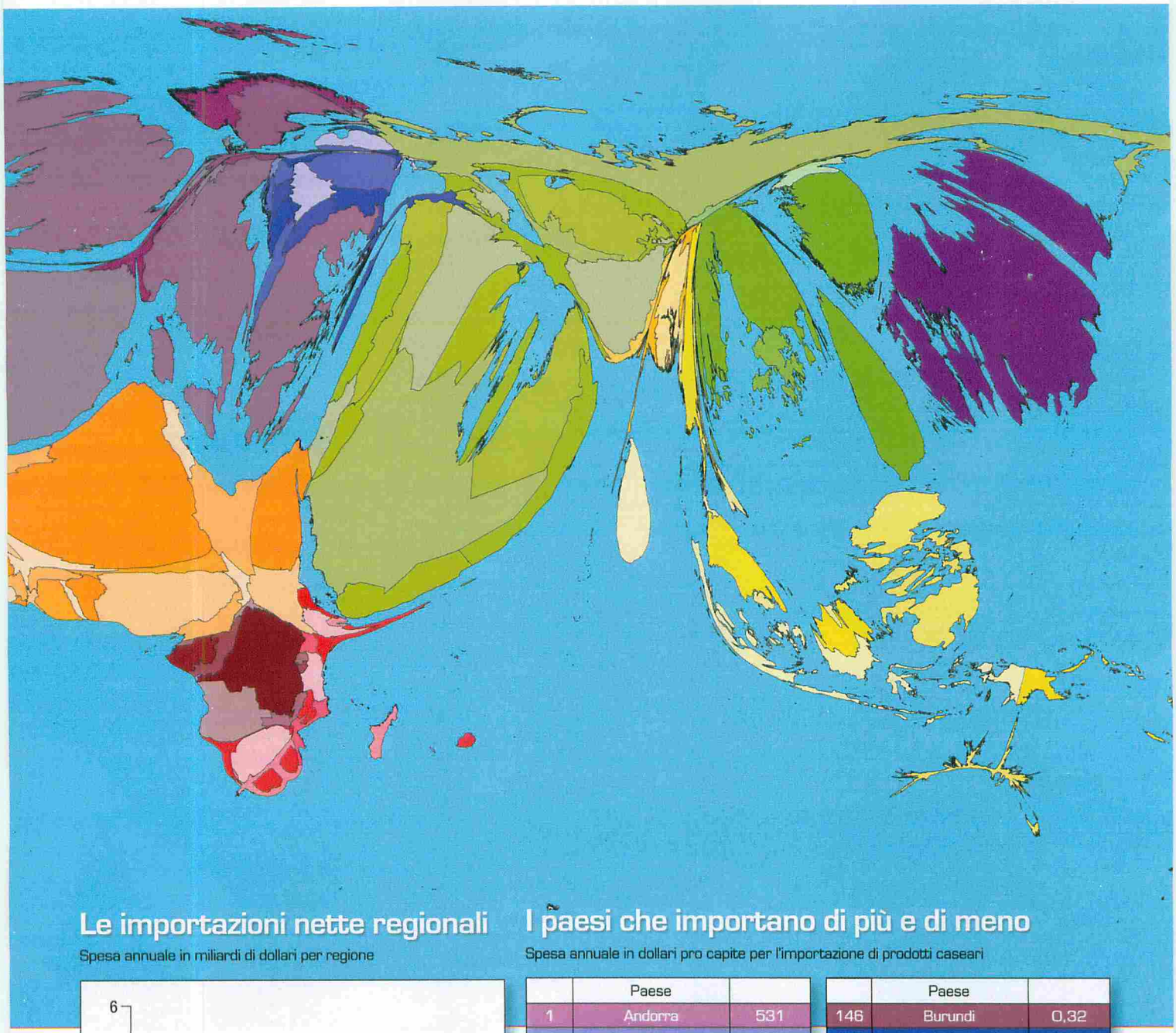
SUPERFICIE

Note tecniche:

- Fonte dei dati: United Nations Conference on Trade and Development, 2002.
- In 45 nazioni non si sono registrate importazioni nette (differenza tra esportazioni e importazioni).

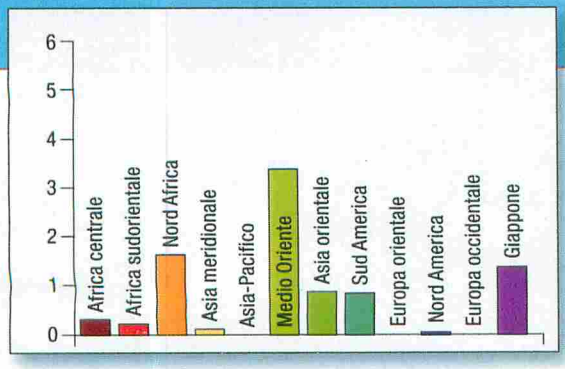
www.worldmapper.org

©Copyright 2006 SASI Group (Università di Sheffield)
e Mark Newman (Università del Michigan)



Le importazioni nette regionali

Spesa annuale in miliardi di dollari per regione



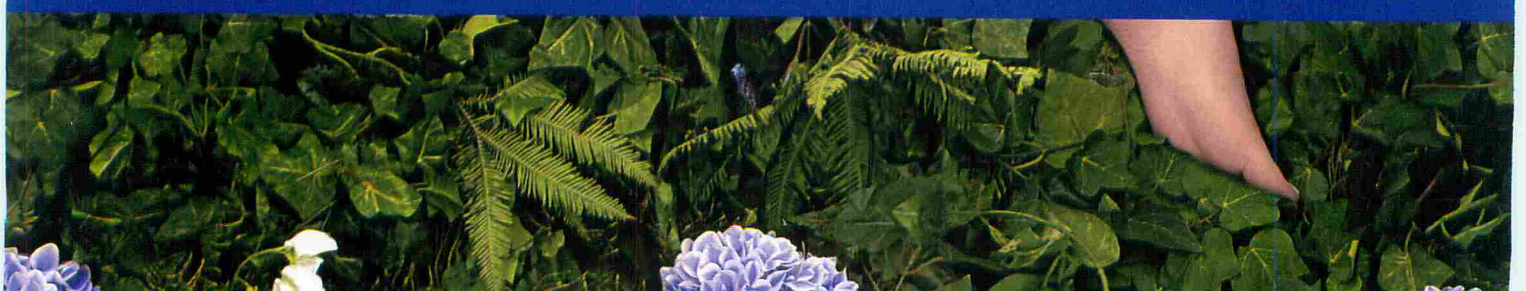
I paesi che importano di più e di meno

Spesa annuale in dollari pro capite per l'importazione di prodotti caseari

	Paese	
1	Andorra	531
2	Groenlandia	257
3	Qatar	190
4	Bahamas	169
5	Saint Lucia	141
6	Tuvalu	135
7	Bahrein	133
8	Saint Kitts & Nevis	132
9	Emirati Arabi Uniti	131
10	Niue	129

	Paese	
146	Burundi	0,32
147	Moldavia	0,31
148	Liberia	0,29
149	Uganda	0,29
150	Etiopia	0,24
151	Vietnam	0,23
152	Kenya	0,23
153	Tagikistan	0,13
154	Cile	0,07
155	Pakistan	0,07

Müller Mini Chantilly e Mirtillo, Pera e Scaglie di cioccolato, Crema e Biscottini al caffè, Fragole con Panna.



PHOENIX

Fate l'amore con il sapore.

Müller Mini. Nel piacere concentrato, un piacere esagerato.

müller

www.muller.it

Una vita più lunga e in salute

Diversi esperimenti hanno allungato la durata della vita in buona salute sia nei lieviti sia in organismi superiori. Facciamo il punto con il gerontologo Valter Longo

di Giovanni Sabato

CHI È

- Originario di Genova, Valter Longo si è trasferito da ragazzo negli Stati Uniti, dove ha svolto tutta la sua carriera di studi universitari e di ricerca. Conseguito il dottorato in biochimica nel 1997, ha lavorato all'Università della California a Los Angeles.
- Si è poi trasferito alla University of Southern California, sempre a Los Angeles, dove dal 2001 è docente all'Andrus Gerontology Center e al Dipartimento di scienze biologiche.
- La sua ricerca indaga sui meccanismi biochimici e genetici dell'invecchiamento nei lieviti e nei neuroni, per identificare le vie molecolari conservate fino agli organismi superiori e come manipolarle.
- Ha pubblicato oltre 40 articoli sulle maggiori riviste scientifiche, incluse «Science», «Cell» e i «Proceedings of the National Academy of Sciences». Ha ricevuto, fra gli altri premi, lo Young Investigator Award della Oxygen Society of America nel 1995 e l'Alzheimer's Association Research Award nel 2001.

Il titolo della *review* firmata su «Science» da Valter Longo, giovane gerontologo italiano dell'Università della California a Los Angeles, insieme a Luigi Fontana, dell'Istituto superiore di sanità, è significativo: *Estendere la durata della vita in buona salute, dal lievito all'uomo.*

Tra chi consiglia di mangiare meno ispirandosi a vermi e moscerini che a dieta minima vivono il doppio del normale, e chi intravede *elisir* di lunga vita in arrivo nelle farmacie, l'aumento della longevità umana mediante la manipolazione diretta dei meccanismi dell'invecchiamento non sembra più impossibile. Ma l'idea, accanto alle ovvie speranze, solleva le inquietudini di chi teme un'umanità di ultracentenari acciaccati e malconci.

Allora, professor Longo, Dobbiamo metterci a dieta per vivere di più?

Direi di no, i nostri interventi sulla restrizione calorica che aumenta la longevità potevano sembrare un invito a praticare questo regime alimentare, ma non è così. Ho frequentato persone che osservano un regime di restrizione calorica, e non è un buon modo di vivere. Bisogna invece studiare i sistemi fisiologici dell'invecchiamento e trarne indicazioni utili. Per esempio, studi del mio e di altri gruppi di ricerca stanno fornendo indicazioni secondo cui dobbiamo concentrarci sul contenuto della dieta. L'idea è di mantenere un'alimentazione più o meno normale, con calorie misurate per mantenere un peso normale, ma eliminando i componenti che favoriscono l'invecchiamento.

Per esempio, molti indizi fanno pensare che l'alto livello di proteine caratteristico delle diete attuali porta a un invecchiamento più veloce e a un aumento delle malattie collegate, come cancro, cardiopatie o demenze. E conta anche il tipo di nutrienti: vari studi fanno propendere per una dieta vegetariana con aggiunta di pesce, o in generale per una dieta mediterranea. Così si modificano i processi di invecchiamento, senza i farmaci.

Che cosa si sta scoprendo su questi processi?

Le idee che avevamo proposto 15 anni fa grazie agli studi sul lievito si sono dimostrate valide in tutti gli organismi più complessi studiati in seguito. Ci sono varie vie del segnale, cioè le catene di reazioni che trasmettono segnali chimici dalla superficie cellulare verso bersagli intracellulari, che sono percorse da nutrienti introdotti nell'organismo e che regolano i processi metabolici responsabili dell'invecchiamento e delle malattie associate. Una prima via, la cosiddetta via dell'adenilato ciclasi/PKA, è stata descritta appunto 15 anni fa nel lievito, e l'anno scorso è stato individuata nei topi: due studi hanno mostrato che topi con mutazioni che alterano questa via hanno meno malattie senili.

Un'altra via è stata scoperta nel 2001. Fa capo

al cosiddetto «bersaglio della rapamicina» (*target of rapamycin*, TOR), una proteina, ed è la più potente nel lievito: le mutazioni che la bloccano aumentano di parecchio la durata della vita. Questa via è stata individuata in vermi, moscerini e topi, in cui la si può bloccare con la rapamicina, un immunosoppressore già usato per scopi terapeutici. La somministrazione di rapamicina ha allungato molto la vita delle cavie. Poi c'è una terza via, descritta sia nei vermi sia negli animali più complessi.

Quindi ci sono processi che controllano l'invecchiamento nei lieviti e nell'uomo, come avevamo proposto anni diversi fa: all'epoca eravamo quasi presi in giro, oggi è un'idea comune.

Cortesia Valter Longo (*Longo e foto pagina a fronte*); Ronnie Kaufman/Corbis (*gruppo di anziani*)

UN FUTURO ANCORA PIÙ LUNGO? Dopo i lieviti, oggi gli studi sull'allungamento della durata della vita riguardano anche organismi superiori come i mammiferi, tra cui l'uomo. E secondo gli scienziati forse potremmo allungare la durata della vita media di vent'anni.

In che modo agisce la restrizione calorica?

Le tre vie citate sono influenzate dal livello di calorie, ma i meccanismi non sono tutti noti. Mentre nel lievito c'è una sola cellula, con il passaggio a organismi multicellulari le cose si complicano, e non è ancora chiaro chi regola che cosa e quando. Per esempio, nel lievito la PKA è influenzata dal glucosio, mentre nei mammiferi è meno chiaro.

Forse la sua mutazione ha effetti limitati al cervello, dove regola gli ormoni rilasciati al resto del sistema. Ora che è stata scoperta nei topi, in cui si può eliminare o modulare selettivamente l'espressione di un determinato gene in certo tessuto, riusciremo a scoprirlo.

Che questi effetti e meccanismi siano conservati ha un significato evolutivo o è un caso dettato dalla fortuna?

L'ipotesi più probabile, corroborata da molti dati, è che quando la disponibilità di nutrienti scende sotto una certa soglia l'organismo non riesce più a riprodursi. E per ottimizzare le probabilità di arrivare al prossimo periodo di abbondanza di nutrienti, all'arresto della riproduzione deve accompagnarsi uno *stand-by* dell'invecchiamento. Un meccanismo del genere dovrebbe essere favorito dalla selezione naturale. Anche nella nostra specie, in situazioni come l'anoressia, sotto un certo livello di calorie si entra in uno stand-by non riproduttivo.

Poi ci sono altre ipotesi, per esempio che si tratti di vie di segnalazione legate alla morte programmata che esistono (anche) per ucciderci. Ma nei mammiferi questa è solo una congettura.

Nell'articolo su «Science» sottolineate che la vita non sarà solo più lunga ma anche migliore...

Certo, i tentativi di allungare la vita non porteranno a un mondo di vecchi con tante malattie, come invece si legge sui giornali o si ascolta in televisione. Noi proponiamo l'opposto. Nei topi con restrizione calorica, o con certe mutazioni, la vita si allunga del 40 per cento, e si ha un quarto delle malattie: la metà delle cavie muore senza alcuna patologia importante. Nell'uomo magari si guadagneranno vent'anni, che però potrebbero essere accompagnati da un dimezzamento delle malattie.

Stiamo per pubblicare uno studio durato 25 anni su una popolazione ecuadoriana con deficit nella via dell'ormone della crescita con esiti molto promettenti. E scimmie in restrizione calorica da 23 anni mostrano già una differenza significativa nelle malattie legate all'invecchiamento, rispetto a scimmie di controllo comunque non sovrappeso.

Si può sperare in farmaci che simulino le mutazioni delle vie e la restrizione calorica?

In effetti ci sono farmaci in fase di studio, ma occorre molta cautela, visti i rischi. Per esempio stiamo collaborando con John Kopchick, dell'Università dell'Ohio, che ha scoperto il primo farmaco che colpisce il recettore dell'ormone della crescita ed è usato per l'acromegalia. Se un farmaco sembra promettente, si potrebbe iniziare a considerarlo per persone con alti rischi di cancro, diabete o Alzheimer. Oppure per chi riceve una chemioterapia: gli stessi sistemi che proteggono dall'invecchiamento sembrano proteggere le cellule normali dai danni ossidativi o al DNA della chemioterapia, ma non le cellule tumorali. Se funziona, poi si potrà passare all'uso in ambito di prevenzione.

Una miniera di NO

Una piccola azienda biotecnologica italo-francese è all'avanguardia nel campo della ricerca sulle enormi potenzialità farmacologiche dell'ossido nitrico

di Letizia Gabaglio

Nel 1992 «Science» l'ha giudicato «la molecola dell'anno». Vent'anni dopo l'ossido nitrico (NO) e le sue proprietà sono alla base del primo farmaco antinfiammatorio di nuova generazione, e di almeno altri sette candidati farmaci. Una potenziale miniera d'oro su cui è seduta NicOx, azienda italo-francese che in pratica detiene il monopolio delle conoscenze in questo campo, ottenuto grazie all'intuizione: cercare di passare dalla teoria alla pratica, trovare il modo di tradurre le potenzialità dell'NO in opportunità cliniche.

Conosciuto dall'Ottocento, l'ossido nitrico acquista importanza agli occhi della comunità scientifica solo negli anni ottanta del Novecento, quando appare chiaro il suo ruolo in molti processi dell'organismo: favorisce il rilassamento delle pareti vascolari, protegge la mucosa gastrica, contribuisce alla regolazione della pressione sanguigna, partecipa alla regolazione del dolore, si trova nel sistema nervoso centrale come neurotrasmettitore.

Gli studi si moltiplicano, le prove si accumulano. Tanto che nel 1998 gli scopritori dell'azione dell'ossido nitrico vengono insigniti del premio Nobel per la medicina. Ma già due anni prima tre giovani imprenditori avevano deciso di scommettere proprio su questa molecola: dall'incontro di Piero Del Soldato, biologo milanese che aveva scoperto come agganciare NO ad altre molecole e farlo rilasciare gradualmente, con Michele Garufi, dirigente di un'azienda faramaceutica, ed Elizabeth Robinson Rovelli, ricercatrice statunitense esperta di *start-up* biotecnologiche, nasce l'idea di creare un'azienda dedicata allo sviluppo delle applicazioni di NO.

Per passare dalle intenzioni alla realtà, però, i tre hanno bisogno di investitori, che trovano in Francia. NicOx nasce come azienda francese, e solo tre anni dopo verrà aperta la sede italiana. Ma è in Lombardia, per la precisione a Bresso, vicino a Milano, che ha sempre battuto il cuore della ricerca di questa impresa. Che nel 2001 apre il suo unico centro ricerche qui, dove nel corso degli anni precedenti erano state accumulate le competenze ed era stata costruita la piattaforma di ricerca.

Accordi virtuosi e necessari

Come fa una piccola azienda a sopravvivere nel mercato farmaceutico dominato dalle grandi multinazionali? «Grazie ad accordi di *partnership*», spiega Ennio Ongini, direttore dei laboratori di ricerca NicOx. «Un modello abbracciato dalla nostra azienda fin dall'inizio, e che oggi è diventato necessario per lo sviluppo di nuovi farmaci. I grandi gruppi sono troppo rigidi al loro interno, ed è difficile che riescano a lavorare allo sviluppo di un'idea. È un compito che riescono ad assolvere meglio le piccole realtà, tutte dedicate alla ricerca, che poi però devono abbandonare il progetto quando si passa alla messa a punto degli studi clinici, alla produzione, alla commercializzazione». Il matrimonio è vantaggioso per tutti: la grande azienda acquista idee che poi sviluppa, la piccola vende idee per finanziare la ricerca successiva.

A volte, però, come in tutti i matrimoni ci sono delle incomprensioni. È quello che è successo nel caso del naproxcinod, la molecola antinfiammatoria di NicOx, in fase di valutazione dalla Food and Drug Administration e dall'European Medicines Agency per il trattamento del dolore e dell'infiammazione associati all'osteoartrite. È il progetto a cui l'azienda ha lavorato fin dall'inizio e nel 1998 è stato oggetto della partnership con Astra Zeneca.

L'obiettivo è ambizioso: realizzare un farmaco antinfiammatorio che non danneggi la mucosa gastrica, come invece fanno i farmaci antinfiammatori non steroidei (FANS). Una delle proprietà dell'ossido nitrico, infatti, è di difendere questo

Cortesia NicOx (*tutte le foto, questa pagina e a fronte*)

LA SCHEDA

NicOx

Fatturato 2009
5,5 milioni di euro

Investimenti in ricerca
5,7 milioni di euro

Dipendenti
50, di cui 30 impiegati in ricerca e sviluppo

Brevetti
oltre 700 registrati, circa 500 in attesa di registrazione

tessuto. L'idea di un antinfiammatorio senza effetti collaterali sullo stomaco fa gola a molti, e gli avversari sono agguerriti. Negli anni in cui NicOx collaborava con Astra Zeneca, in *pole position* c'era Merck con il Vioxx, una molecola che limita i danni gastrici perché agisce solo su uno dei due enzimi coinvolti nella produzione delle prostaglandine, le molecole infiammatorie che però hanno effetti benefici sui tessuti gastrici.

«I dati delle sperimentazioni del Vioxx erano tanto positivi che Astra Zeneca decise di abbandonare il nostro progetto», racconta Ongini. Un brutto colpo per NicOx, che però ha continuato da sola. Una scelta che alla lunga si è rivelata vincente: il Vioxx ha mostrato effetti collaterali molto gravi sull'apparato cardiocircolatorio, e nel 2004 è stato ritirato dal mercato. Mentre tra pochi mesi potrebbe diventare realtà il primo farmaco della famiglia dei CINOD (Cyclooxygenase-Inhibiting Nitric Oxide-Donor) targato NicOx, il naproxcinod appunto.

DAL GLAUCOMA ALL'IPERTENSIONE. Alcune immagini dell'attività di ricerca condotta nei laboratori della NicOx, azienda biotecnologica italo-francese che studia le applicazioni cliniche dell'ossido di azoto.

Un grande futuro per una piccola molecola

Seconde nozze sono invece quelle tra NicOx e Bausch and Lomb (B&L) per lo sviluppo di un nuovo farmaco per il glaucoma. In particolare si tratta di un derivato della prostaglandina F2 alfa, molecola già usata per questa malattia, modificata per rilasciare ossido nitrico. Risultato: un farmaco più efficace, perché l'NO aumenta gli effetti delle prostaglandine nel ridurre la pressione intraoculare.

A notare per prima i risultati ottenuti in oftalmologia dal centro ricerche di Bresso era stata Pfizer, che nel 2004 aveva siglato un accordo per lo sviluppo di un prodotto proprio sulla base del *know-how* NicOx. Il progetto era arrivato così fino alla fase II di sperimentazione in pazienti con elevata pressione intraoculare, mentre l'accordo di ricerca era stato ampliato per includere nuovi progetti per il trattamento di altre malattie, come la retinopatia diabetica. Ma poi qualcosa cambia nel panorama internazionale: Pfizer si fonde con Wyeth, e per il nuovo colosso l'oftalmologia non è più strategica. Anche in questo caso il progetto ritorna, sviluppato in parte, alla casa madre, che cerca un nuovo partner: B&L, che lo ha acquisito lo scorso marzo pagando 10 milioni di dollari, impegnandosi anche a pagare altre quote al raggiungimento delle tappe successive di sviluppo.

Da possibile avversaria nel caso dell'antinfiammatorio senza effetti sullo stomaco, Merck è diventata alleata nella ricerca in campo cardiovascolare: NicOx ha chiuso un accordo con la grande azienda per lo sviluppo di un farmaco per il trattamento dell'ipertensione. L'azione rilassante dell'ossido nitrico, infatti, aumenta l'efficacia degli antiipertensivi e riduce la probabilità che la pressione sanguigna elevata danneggi vasi, cuore o reni.

Di fidanzamento in fidanzamento, la «piccola» azienda italo-francese ha prodotto oltre 700 brevetti (altri 500 sono in attesa di registrazione) diventando così l'azienda di riferimento per chi voglia sviluppare farmaci sfruttando le caratteristiche dell'NO. E non sono pochi, visto che gli studi sulle proprietà di questa piccola molecola non smettono di svelarne le potenzialità: in futuro l'NO potrebbe essere usato anche nella cura di malattie neuromuscolari come la distrofia, l'Alzheimer o il Parkinson, e nella terapia del dolore.

Come ripianare i deficit nazionali

di Jeffrey D. Sachs
Direttore dell'Earth Institute della Columbia University, Consigliere speciale del Segretario generale delle Nazioni Unite

Negli Stati Uniti e in Europa, la crisi economica non conosce fine, e sta influenzando sempre più il dibattito sui conti pubblici. Diverse nazioni hanno un deficit di bilancio pari al dieci per cento del reddito nazionale o addirittura più grande, e i governi devono mostrare ai mercati che hanno un piano con cui affrontare questi squilibri.

Sulla scia del panico finanziario del 2008, molti Stati hanno adottato pacchetti di stimolo all'economia in cui era previsto un aumento della spesa e una riduzione delle tasse. In altre parole, visto che i consumi stavano diminuendo, si è ritenuto necessario compensare questo declino con un aumento della spesa pubblica e con uno stimolo alla spesa privata ottenuto con tagli alle tasse. Secondo la teoria keynesiana, i mercati finanziari si sarebbero precipitati a comprare titoli di Stato per finanziare la ripresa economica.

Questa previsione si è però rivelata fin troppo ottimistica per molti piccoli paesi europei, come nel caso più recente della Grecia. Gli investitori potenziali hanno guardato con scetticismo alla futura capacità dei governi di tenere sotto controllo il debito grazie a una combinazione di una riduzione della spesa pubblica e di un aumento delle tasse. Come conseguenza, i mercati non hanno rifinanziato la Grecia all'inizio del 2010, un rischio paventato anche per altri paesi europei.

Per ora gli Stati Uniti non stati toccati da problemi simili. A differenza della Grecia, gli Stati Uniti prendono in prestito la propria moneta: mentre il governo greco potrebbe finire gli euro che ha in cassa, il governo statunitense non può realisticamente trovarsi senza più dollari, almeno fino a quando verranno stampati dalla Federal Reserve, la banca centrale degli Stati Uniti. In questo caso non si ha paura di una bancarotta, ma di una crescita dell'inflazione alimentata dal finanziamento del debito pubblico operato dalla Federal Reserve.

E se anche i mercati accettassero di finanziare il deficit di spesa, i prestiti su larga scala non sarebbero sensati. I grandi deficit attuali implicano che il debito pubblico crescerà rapidamente come percentuale del reddito nazionale. Negli Stati Uniti, il rapporto tra debito e prodotto interno lordo raddoppierà, passando dal 37 per cento del 2007 al 70 per cento del 2011. Inoltre, la consapevolezza del fatto che alla fine la sfida del debito richiederà tagli alla spesa e aumenti delle tasse affievolisce gli effetti degli stimoli all'economia. Le famiglie potrebbero risparmiare il denaro guadagnato da una riduzione delle tasse, invece di spenderlo, in previsione di un aumento della pressione fiscale. E tassi di interesse più alti, dovuti al debito pubblico, potrebbero rallentare gli investimenti nel settore privato.

La sfida posta dal debito pubblico degli Stati Uniti, come quella di paesi europei nelle stesse condizioni, è inasprita dalle profonde divisioni politiche sul ruolo del governo. L'aumento delle tasse è un anatema, ma contrariamente a quanto si crede, servono pochi tagli per rimuovere semplici sprechi.

Lo spreco più grande, mi permetto di suggerire, si trova nel *budget* del Pentagono, che attualmente è pari al cinque per cento del prodotto interno lordo e finanzia due guerre costose e centinaia di basi all'estero, oltre a pagare un prezzo eccessivo per servizi e sistemi di armamenti appaltati ai privati. Eppure non c'è un consenso pubblico per una drastica riduzione per la spesa militare.

E ancora meno consenso ci sarà sui tagli alle spese civili, soprattutto quelle riguardanti il sistema sanitario. Molte categorie di spesa discrezionale – energia sostenibile, ricerca e sviluppo, infrastrutture, formazione d'eccellenza, sviluppo globale e altro ancora – sono cronicamente sottofinanziate e pesano ciascuna per l'uno per cento, o anche meno, della spesa pubblica.

Dobbiamo rivedere la tassazione delle fasce più ricche. Per esempio, oggi negli Stati Uniti l'uno per cento delle famiglie più benestanti porta a casa oltre il 20 per cento del reddito nazionale, contro il 10 per cento del 1980. Lo 0,01 per cento delle famiglie più ricche porta casa circa il 5 per cento del reddito familiare nazionale. Negli ultimi trent'anni i più ricchi hanno beneficiato di ripetuti tagli alle tasse: l'aumento del loro gettito fiscale non sarà sufficiente a pareggiare i conti. Dobbiamo anche pensare a tasse più alte sui carburanti e a imposte sulle emissioni di gas serra. Per rimettere in ordine la finanza pubblica ed evitare di soffocare la crescita futura si deve iniziare dai super-ricchi.

Bruce Gilbert/Earth Institute (*Sachs*); Matt Collins (*illustrazione*)

Korea
2010-2012
VISIT KOREA YEAR

www.koreanair.com

Dalla partenza all'arrivo, c'è qualcuno che mi conosce meglio di me stesso.

Eccellenza nel servizio Sappiamo che non ami i compromessi, per questo ti offriamo i migliori servizi sia a terra che in volo

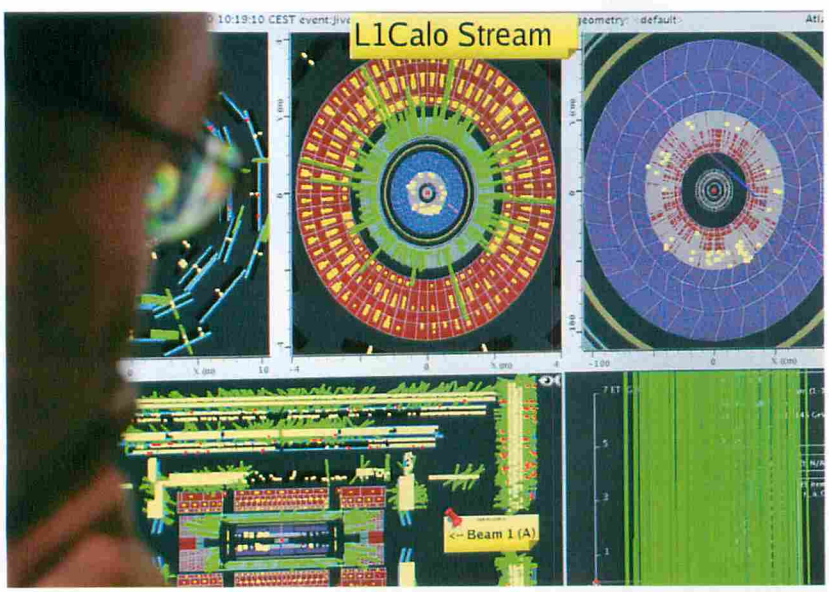
Excellence in Flight
KOREAN AIR

Le stringhe tra fisica e filosofia

di Elena Castellani
Professore associato, Dipartimento di filosofia, Università di Firenze

La teoria delle stringhe, la più accreditata candidata al ruolo di «teoria fondamentale» nella fisica degli ultimi decenni, è molto discussa anche al di fuori della comunità scientifica. Grazie all'opera di divulgazione di alcuni dei suoi principali protagonisti, la teoria è ora nota, nei suoi tratti più salienti e generali, anche al grande pubblico. Ma è nota soprattutto per le critiche e gli attacchi di cui viene fatta oggetto e che hanno avuto eco anche sui mezzi di comunicazione.

Il punto centrale di discussione è la presunta non controllabilità sperimentale (o «falsificabilità») della teoria: occupandosi di che cosa succede a scale di energia paragonabili a quelle verificatesi nei primi istanti dell'universo, la teoria non permetterebbe di compiere nuove predizioni di fatti osservabili con gli strumenti realizzabili. La teoria, così, non sarebbe testabile in senso empirico,



PROVE TECNICHE DI ACCELERATORE. Un ricercatore osserva le immagini ottenute con i primi dati provenienti dall'esperimento ATLAS di LHC. Dall'acceleratore del CERN di Ginevra potrebbero arrivare conferme indirette alla teoria delle stringhe.

Fabrice Coffrini/AP Photo/LaPresse

e quindi, secondo un requisito minimale di buon senso metodologico, non sarebbe una buona teoria scientifica.

Il rapporto tra teoria (fisica) ed esperienza è un tema tradizionale e controverso della filosofia della scienza, e non a caso qui entrano in gioco i filosofi. L'atteggiamento che prevale tra i filosofi che discutono dello *status* della teoria è di prendere per dato che, volendone difendere l'accettabilità come teoria scientifica allo stato attuale delle possibilità sperimentali, bisogna cercare supporto in «virtù» che non siano quelle legate al controllo sperimentale. Per esempio il potere di unificazione e quindi di spiegazione, la fertilità teorica, la consistenza matematica e fisica, e infine l'unicità (non esistono per ora teorie alternative con capacità paragonabili). La questione diventa quindi se queste virtù «sovra-empiriche» siano sufficienti per accettare la teoria come «programma di ricerca progressivo», per usare il gergo filosofico.

Ma davvero il programma di ricerca che si chiama «teoria delle stringhe» non è testabile? È proprio necessario rinunciare, in questo caso, a un criterio tanto essenziale come quello della controllabilità empirica? Non tutti i fisici la pensano così, e i filosofi dovrebbero tenerne conto. Prendiamo per esempio la posizione di Gabriele Veneziano, uno dei padri fondatori della teoria e ancora oggi protagonista nel campo. Non è vero che la teoria «non è nemmeno sbagliata», come suona il titolo del libro critico di Peter Woit che riprende una famosa espressione di Wolfgang Pauli. Anche se non si volessero accettare come controlli empirici le conferme indirette (ma fondamentali per la teoria) che potrebbero venire, per esempio, dagli esperimenti previsti con la messa in funzione del Large Hadron Collider al CERN di Ginevra, la teoria, per Veneziano, è comunque falsificabile, nel senso che permette di derivare predizioni che potrebbero essere sottoposte a falsificazione da esperimenti concepibili (per esempio in base alle sue implicazioni cosmologiche).

La vera questione, per Veneziano, ha invece a che fare con lo stato di sviluppo della teoria: anche se il programma di ricerca centrato sulle stringhe ha ormai quasi quarant'anni, si tratta tuttora di una costruzione *in fieri*, e la risposta al perché non si sia ancora in grado di avere predizioni controllabili va cercata nella necessità di un ulteriore raffinamento teorico, invece che in invalicabili limiti sperimentali. D'altra parte, se si vuole dar credito alla lezione della storia (come sarebbe saggio fare sempre), la teoria ha già subito una falsificazione.

La sua prima versione – nota come «modello duale» e sviluppatasi tra la fine degli anni sessanta e la metà degli anni settanta come una teoria delle interazioni forti alternativa alla teoria dei campi – dovette essere abbandonata in quanto tale (le previsioni a cui portava per le interazioni forti, come l'esistenza di particelle a massa nulla di spin 2, non avevano riscontro sperimentale), per poi rinascere come teoria quantistica della gravità e quindi svilupparsi nell'attuale forma di teoria unificata di tutte le forme di interazione della materia.

EURO RSCG MILANO

200

DYNAMIC ROLLING CONTROL®
HEAD UP DISPLAY / GRIP CONTROL®
DISTANCE ALERT® / HILL ASSIST
3008. ENJOY EVOLUTION

AUTO EUROPA UIGA 2010

PEUGEOT raccomanda TOTAL

800 900 901 Pronto Peugeot

Equipaggiamenti disponibili di serie o in opzione a seconda delle versioni.
Prezzo promozionato, scade il 31/07/2010. Immagine inserita a scopo illustrativo.
Valori max: ciclo misto l/100 km 7,3; emissioni CO_2 g/km 176.

www.peugeot.it

TUO DA **18.500 €**

Avere il massimo controllo della strada su qualsiasi terreno, in ogni condizione. E godere di ogni istante del viaggio in tutta sicurezza. Tutto questo è possibile grazie alle dotazioni tecnologiche che Peugeot 3008 è in grado di offrirvi. E con gli **ECO**SERVICES Peugeot, avete 4 anni di tranquillità da 8 € al mese.

CROSSOVER PEUGEOT 3008

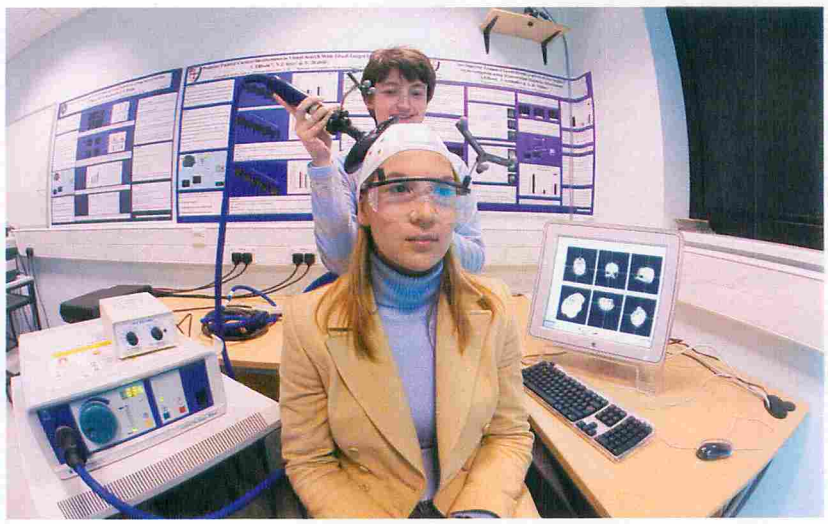
PEUGEOT
MOTION & EMOTION

La storia del salmone morto

di Edoardo Boncinelli
Università Vita-Salute
San Raffaele, Milano

Qualcuno ha parlato di «neuromania» per designare la moda corrente di voler applicare ai campi più diversi le scoperte delle moderne neuroscienze, che rappresentano l'approccio moderno allo studio scientifico del cervello e del suo funzionamento. Su questa scia sono stati coniati termini come «neuroetica», «neuroestetica», «neuroeconomia» e così via. La moda, un po' fastidiosa soprattutto per gli studiosi seri, ha causato reazioni risentite da diverse parti, ed è nata una specie di partito trasversale, composto sostanzialmente di filosofi e scienziati sociali, contro la pretesa delle neuroscienze di spiegare i diversi fenomeni del cervello e della mente.

Non contenti di criticarne gli eccessi, costoro attaccano la pretesa stessa delle neuroscienze di spiegare gli eventi mentali. Qualcuno ha parlato di «riduzionismo neuroscientifico» e, come è noto, in Italia si considera con grande sufficienza, per non dire disprezzo, il riduzionismo di qualsiasi tipo, soprattutto quello messo in atto dagli altri.



MODIFICA TEMPORANEA. Una delle tecniche usate per studiare il ruolo dei circuiti cerebrali è la stimolazione magnetica transcranica, una tecnica non invasiva che grazie a un campo magnetico applicato sulla testa di una persona modifica temporaneamente l'attività delle aree del cervello oggetto di studio.

La vicenda è approdata sul «Corriere della Sera». Nella copertina dell'inserto «Salute» di domenica 25 aprile si poteva leggere un nota dal titolo *La clamorosa ricerca sul salmone morto*, in cui si dava notizia della pubblicazione sul periodico dell'Università di Milano di un articolo sulle «neuromanie» a firma di due accademici. Sembra che tempo fa, a San Francisco, durante un convegno sulle neuroimmagini, sia stato presentato un poster che parlava di una ricerca condotta con le più moderne tecniche delle neuroscienze sul cervello di un salmone morto, ricerca giustamente definita «del tutto inutile».

Probabilmente si è stata una provocazione, dice l'articolo, «una critica feroce alla quantità enorme di studi inutili, che pretendono di spiegare i comportamenti umani con la mappatura delle aree cerebrali». Invece di occuparsi di curare le malattie del cervello, «in particolare quelle neurodegenerative», la ricerca si è occupata di «fotografare l'innamoramento, l'avarizia, la propensione al consumo o la comicità». Questi studi sono inattendibili, conclude l'articolo, perché basati «sulla mappatura di compiti elementari, ben lontani dalla complessità delle scelte e dei comportamenti umani».

Gli scienziati si occupino quindi solo delle malattie, e stiano alla larga dal tentativo di capire fenomeni per loro troppo complessi e che non possono capire! Sarebbe come dire che la chimica è inutile perché tenta di ridurre l'incredibile complessità delle cose – animate e inanimate – sotto i nostri occhi alla combinazione di un certo numero di entità elementari, gli atomi. La pretesa è sembrata e sembra assurda, ma ha funzionato più che bene, come hanno funzionato benissimo la fisica delle particelle, la biologia molecolare, la fisiologia e la neurofisiologia, tutte accolte con sarcasmo. Perché la scienza si picca di procedere dal semplice al complesso, a differenza di altri approcci alla realtà che pongono al centro del proprio credo l'idolatria della complessità e della sua irriducibilità, in ottemperanza a un atteggiamento rinunciatario riassumibile nel motto «*Ignoramus, ignorabimus*» che costituisce l'esatto contrario di quello scientifico.

In ogni epoca le scoperte scientifiche sono state gonfiate ed estremizzate da volgarizzatori e comunicatori più o meno in buona fede, ma questo non può essere imputato alla scienza, solitamente prudente, se non reticente, nelle sue affermazioni. Questo deprecabile stato di cose ha poi rappresentato l'alibi per dubitare di ogni genuina conquista scientifica, dall'azione dei geni alla ricostruzione della vita. È la pretesa della scienza di voler capire i fenomeni che viene così svalutata e derisa. Sottraiamo certi fenomeni all'analisi della scienza, dicono costoro, perché tanto non sono naturalizzabili e scomponibili. Soprattutto le scelte e i sentimenti.

A costoro potremmo chiedere quale altro approccio che non sia narrativo ci ha mai detto qualcosa dell'innamoramento o della comicità. Per non parlare della propensione a una scelta, economica e non. O di come prendiamo le nostre decisioni. Il fatto è che al riduzionismo qualcuno preferisce opporre la mitologia. Ieri come oggi.

Simon Fraser/Università di Durham/SPL/Contrasto

È un dispositivo medico CE. Autorizzazione su domanda del 26/02/2010

Incontinenza Urinaria Maschile.

Difficile parlarne, più facile agire.

A molti uomini può capitare di vivere episodi di incontinenza urinaria: un'esperienza abbastanza comune, di cui è difficile parlare. Esiste però una protezione assorbente specifica per l'uomo: TENA *Men*. Disponibile in 2 livelli di assorbenza, TENA *Men* è progettato per l'anatomia maschile; è molto discreto e, grazie al sistema Odour Control™, previene la formazione degli odori. Così solo tu saprai di indossarlo.

Per maggiori informazioni chiedi consiglio al tuo medico.

Numero Verde: 800 018 018 - www.TENA.it

Se desideri ricevere campioni gratuiti della gamma TENA *Men*, richiedili nelle farmacie e sanitarie oppure compila e spedisci il coupon sottostante a: SCA HYGIENE PRODUCTS S.p.A. - Via S. Quasimodo, 12 - 20025 Legnano (MI)

Nome: _____ Cognome: _____

Indirizzo: _____

Città: _____ Cap: _____ Provincia: _____

Telefono: _____ e-mail: _____

Data di nascita: _____ Autorizzo al trattamento dei miei dati: SI ☐ NO ☐

Livello di assorbenza: 1 ☐ 2 ☐

Firma _____

Ai sensi del DL 196/2003 i dati raccolti verranno utilizzati da SCA HYGIENE PRODUCTS S.p.A. per inviare informazioni commerciali e materiale pubblicitario sui propri prodotti. I suoi dati non verranno comunicati ad altre aziende ma utilizzati solo da SCA HYGIENE PRODUCTS S.p.A. per le finalità di cui sopra. Il conferimento dei dati è facoltativo. Per esercitare i diritti di cui all'art. 7 del DL 196/2003, la informiamo che il titolare è SCA HYGIENE PRODUCTS S.p.A. - Via della Madonnina, 37 - 55012 Capannori fraz. Lunata (LU).

Cod. IPRMETMXX1001CR01

Oggi le coniche

di Piergiorgio Odifreddi
professore ordinario di logica matematica all'Università di Torino e visiting professor alla Cornell University di Ithaca (New York)

Delle varie applicazioni delle sezioni coniche, nessuna è stata tanto spettacolare quanto quella che si è avuto nella meccanica del Seicento. Quasi simultaneamente, a 2000 anni dalla loro scoperta, la parabola e l'ellisse fecero la loro entrata trionfale nella nuova scienza.

Da un lato, nel 1609 Galileo annunciò le leggi della balistica, da cui si ricava che la traiettoria di un proiettile è parabolica. Si tratta di una legge approssimata, che vale solo supponendo la Terra piatta e l'accelerazione gravitazionale costante. Ma è una legge che si applica bene al mondo sufficientemente ristretto della nostra esperienza quotidiana, che ce ne dà quindi innumerevoli conferme: dai getti delle fontane ai rimbalzi smorzati delle palle, ai salti dei pesci nell'acqua. Dall'altro lato, sempre nel 1609, Keplero pubblicò nell'*Astronomia nova* le sue prime due leggi, che regolano il moto dei pianeti attorno al Sole. E la prima stabilisce che l'orbita non è circolare, come supponeva in prima approssimazione il sistema copernicano, ma ellittica, con il Sole in uno dei fuochi.

DAI PRINCIPIA ALLA REALTÀ. Passeggeri di un volo parabolico organizzato dall'Agenzia spaziale europea per simulare condizioni di assenza di gravità tipiche dello spazio.

A. Le Floc'h/ESA

Salendo sulle spalle di questi due giganti, nel 1687 Newton produsse la grande sintesi dei *Principia*. E scoprì che un'orbita a sezione conica richiede una forza gravitazionale inversamente proporzionale al quadrato della distanza. Viceversa, una tale forza produce orbite a sezione conica: dunque non solo ellittiche, ma anche paraboliche o iperboliche, a seconda dei casi. Cioè, nella balistica, a seconda della velocità impressa a un proiettile. Un'applicazione antibalistica, invece, si ha quando si inverte la traiettoria di un proiettile. Per esempio, quando un aereo in volo spegne i motori, inizia una traiettoria ellittica (approssimativamente parabolica) di caduta libera, che dipende dalla direzione e dalla velocità con cui stava procedendo. Se gli si fa percorrere in direzione contraria esattamente la stessa traiettoria, con le stesse velocità istantanee, si annulla l'influsso della gravitazione. L'effetto è sfruttato dai «voli parabolici», che allenano gli astronauti alla condizione di assenza di gravità che incontreranno nelle missioni spaziali.

Per quanto riguarda i corpi celesti, l'esempio tipico di un'orbita ellittica è quello di un corpo di massa trascurabile attorno a un altro di massa dominante: per esempio un pianeta attorno al Sole, o un satellite attorno a un pianeta. Volendo tener conto delle masse dei due corpi, invece, entrambi si muovono su un'orbita ellittica attorno al loro comune baricentro. Anche le comete che ritornano periodicamente si muovono su orbite ellittiche, tanto più allungate quanto maggiore è il loro periodo. Quelle che non ritornano, invece, si muovono su orbite paraboliche, o quasi. Per ora non si sono registrati, nel sistema solare, esempi significativi di comete con orbite nettamente iperboliche, sebbene in teoria siano possibili.

Per trovarle, basta guardare al moto di particelle elettricamente cariche. Poiché la legge di Coulomb è inversamente proporzionale al quadrato della distanza, come quella gravitazionale, produce le stesse orbite, quando entrambe le particelle coinvolte sono libere e hanno carica opposta. Se invece una è tenuta ferma e un'altra le si dirige quasi contro, la particella in movimento cambia direzione, ma non velocità, seguendo un un'orbita iperbolica. Se le cariche sono opposte, la particella subisce un'attrazione, e segue un ramo di iperbole che passa dietro l'altra particella, ferma nel fuoco interno. Se invece sono uguali, la particella subisce una repulsione, e segue un altro ramo di iperbole, che passa davanti all'altra particella, ferma nel fuoco esterno.

Una forza inversamente proporzionale al quadrato della distanza, come la gravitazionale e l'elettromagnetica, non è l'unica in grado di produrre orbite ellittiche. Come notò Newton, lo stesso succede per una forza direttamente proporzionale alla distanza, tipica di un corpo ancorato a una molla, che si muova attorno a un punto. O di un pendolo che si muova nello spazio, invece che solo su un piano. In entrambi i casi la traiettoria è ellittica, ma con il centro di forza nel centro dell'ellisse, invece che in un fuoco. Una bellissima parabola sulle ellissi, alla quale si addicono commenti iperbolici...

OLYMPUS

Your Vision, Our Future

INFORMAZIONE PUBBLICITARIA

Sistema PEN
New Generation System Cameras

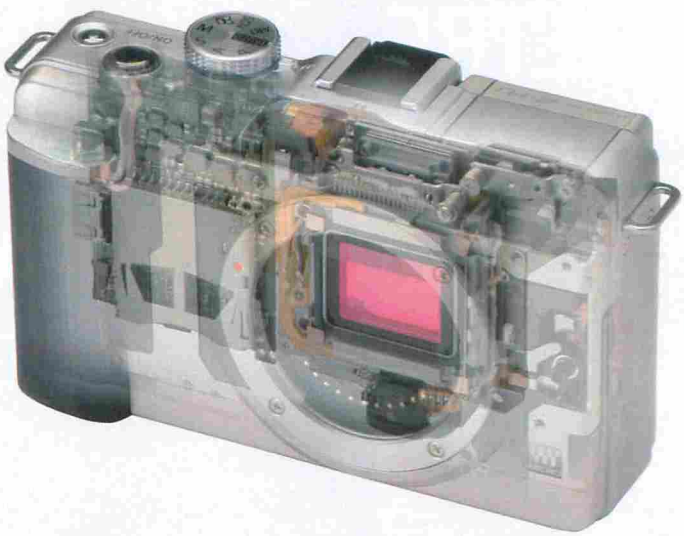
Nasce in casa Olympus il Sistema PEN, una nuova generazione di fotocamere tecnologicamente all'avanguardia che inaugura un nuovo segmento di mercato.
E conta già 3 modelli di fotocamere ad obiettivi intercambiabili con una ampia gamma di obiettivi ed accessori dedicati.

Una nuova categoria di fotocamere

Di fatto, la PEN si colloca in una nuova categoria di macchine fotografiche che non possono definirsi né reflex, né compatte. Tecnicamente, non possono essere definite reflex perché non hanno proprio il pentaprisma, il delicato e complesso meccanismo di specchi (reflex, appunto) che cattura l'immagine formata dall'obiettivo e la convoglia verso il mirino, per consentire l'esatta visione di quello che verrà fotografato. Hanno però processori di nuova generazione, estremamente potenti e performanti, che consentono quindi una ottima visione dell'immagine sia sul display che attraverso il mirino elettronico. E quindi, in un corpo compatto e leggero quasi come quello di una compatta, offrono la qualità elevata delle reflex e l'intercambiabilità degli obiettivi che le rende versatili e divertenti da utilizzare in tutte le situazioni di ripresa. A questo aggiungono comandi semplici, intuitivi, che non richiedono la conoscenza della terminologia tecnica né particolari competenze perché l'effetto di qualsiasi impostazione è immediatamente visibile sul display prima dello scatto.

Una nuova tecnologia

Il nucleo tecnologico da cui si è sviluppato il sistema è il nuovo standard Micro QuattroTerzi annunciato congiuntamente da Olympus e Matsushita Industrial Co. Ltd nell'agosto 2008. Questa tecnologia rappresenta certamente una delle tappe più importanti nell'evoluzione della storia della fotografia contemporanea. Nei laboratori di ricerca e sviluppo Olympus, dai quali sono uscite macchine fotografiche che hanno fatto la storia della fotografia, ancora una volta ha preso vita un prodotto con caratteristiche di innovazione all'avanguardia. Le fotocamere PEN concentrano un capitale tecnologico sbalorditivo, confezionato però in maniera realmente accessibile anche all'utilizzatore più comune o al principiante.

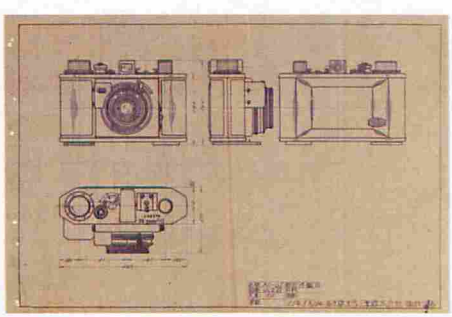


Un nuovo obiettivo progettuale

I ricercatori Olympus hanno lavorato mettendo al centro l'utilizzatore con la sua voglia di fotografare con immediatezza, concentrandosi sul piacere dello scatto e sulla possibilità di dare una dimensione creativa alle sue foto. E' una sorta di rivoluzione copernicana: per decenni, infatti, i progressi in campo fotografico sono stati ritmati da conquiste che privilegiavano lo sviluppo della macchina, un oggetto a cui l'utilizzatore doveva poi adattarsi e non viceversa. Il Sistema PEN è dedicato quindi alla nuova generazione di utilizzatori che usano la fotografia per comunicare all'interno dei social network, per esprimere emozioni, per dare con naturalezza una dimensione personale alla loro creatività. L'immagine al centro – dunque – e la tecnologia come cuore invisibile.

Un design senza tempo

E come tutte le grandi idee, anche il Sistema PEN si è concretizzato in una splendida forma. Il suo design elegante, lineare, molto caratterizzato da uno stile rétro, si rifà alla mitica PEN disegnata nel 1959 da Maitani, il più famoso progettista Olympus, che ha riscosso un successo straordinario in tutto il mondo e che ha fatto segnare autentici record di vendita per la sua genialità. Ancora oggi questo stile ha colpito nel segno e, in pochi mesi, si è conquistato premi e riconoscimenti internazionali. E, quel che più conta, l'apprezzamento degli utilizzatori.

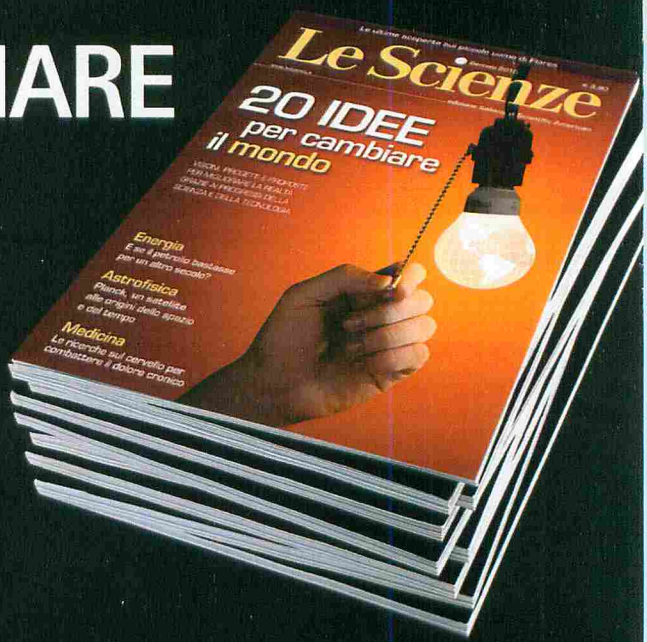


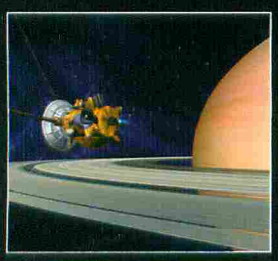
GÖTTSCHE.

Le Scienze

edizione italiana di Scientific American

PER SCOPRIRE UN ABBONAMENTO CHE TI FA RISPARMIARE OLTRE € 40,00 NON DEVI ANDARE LONTANO.





ABBONARSI È CONVENIENTE
e la convenienza cresce con la durata dell'abbonamento

ABBONARSI È COMODO
e riceverai la tua rivista tutti i mesi a casa, e con la certezza del prezzo bloccato

ABBONARSI È FACILE
basta compilare la cartolina allegata ed imbucarla senza affrancatura.

ABBONAMENTO		RISPARMIO
annuale	€ 39,00	€ 7,80
biennale	€ 75,00	€ 18,60
triennale	€ 99,00	€ 41,40

30% di sconto
10 NUMERI GRATIS

COMPILA E SPEDISCI LA CARTOLINA CHE TROVI INSERITA NELLA RIVISTA O TELEFONA AL 199.700.721* (DA MILANO O CELLULARI: 02 87082433), O COLLEGATI A WWW.LESCIENZE.IT

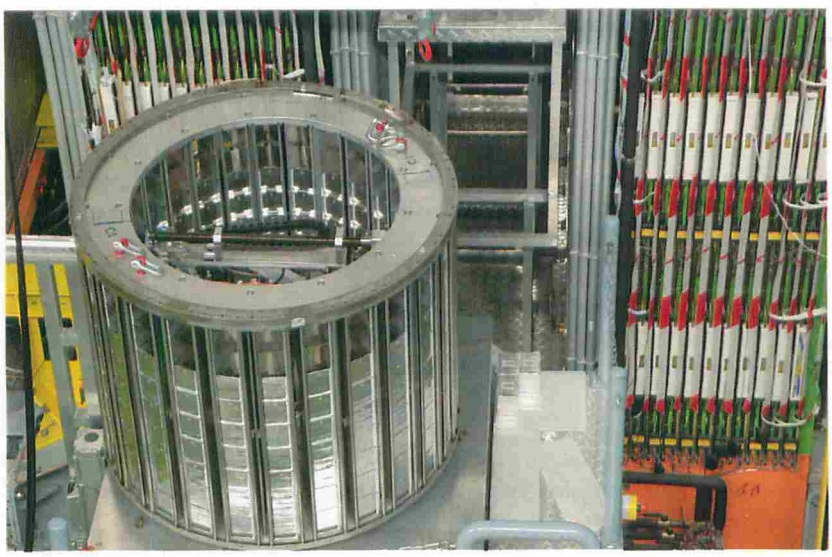
*IL COSTO MASSIMO DELLA TELEFONATA DA RETE FISSA È DI 14,26 CENT/€ AL MINUTO + 6,19 CENT/€ ALLA RISPOSTA (IVA INCLUSA).

Neutrini da Nobel

di Roberto Battiston
Professore ordinario
di fisica sperimentale
all'Università di Perugia
www.robertobattiston.it

Nelle scorse settimane abbiamo assistito a successi straordinari per la fisica dei neutrini presso i Laboratori nazionali del Gran Sasso dell'INFN. In aprile abbiamo parlato dell'osservazione, da parte dell'esperimento Borexino, dei geoneutrini provenienti dall'interno della Terra. Alla fine di maggio è entrato in funzione l'esperimento ICARUS, basato su una tecnologia innovativa inventata e sviluppata da Carlo Rubbia e dall'INFN, in grado di visualizzare i dettagli delle interazioni dei neutrini con immagini digitali lunghe 18 metri. Poco dopo l'accensione, ICARUS mostrava già le prime spettacolari interazioni del fascio di neutrini mu provenienti dal CERN.

Ma la scoperta più importante è stata annunciata il 1° giugno dall'esperimento Opera, con l'osservazione della prima trasmutazione in neutrino tau di uno dei neutrini mu inviati da Ginevra.



L'ESPERIMENTO OPERA (*sopra, un dettaglio*), ospitato nella Sala C dei Laboratori Nazionali del Gran Sasso, ha effettuato la prima osservazione diretta dell'oscillazione dei neutrini, rivelando il cambiamento di stato – da mu a tau – di uno dei neutrini del fascio inviato dal CERN di Ginevra.

Operaweb/LNGS/INFN

Tra le proprietà straordinarie dei neutrini, infatti, c'è quella di poter cambiare natura, oscillando tra i tre diversi stati conosciuti, elettronico, mu e tau; è un po' come se tornando dal mercato con un sacchetto di mele vi trovaste dentro anche una pera. Si tratta di un fenomeno previsto da Bruno Pontecorvo nel 1969 ma osservato per la prima volta nel 1998 in Giappone dall'esperimento SuperKamiokande studiando i neutrini atmosferici. Già gli studi sui neutrini solari iniziati da Davis negli anni sessanta suggerivano che due su tre dei neutrini elettronici prodotti dal Sole non raggiungono la Terra. Ne è passato di tempo dalla lettera di Pauli del 4 dicembre 1930 dove annunciava agli amici «radioattivi» di Tubinga di avere escogitato un disperato rimedio per risolvere le incongruenze osservate nelle misure con atomi radioattivi, introducendo una nuova particella chiamata neutrone, con una massa molto più piccola di quella del protone. Il vero neutrone fu scoperto l'anno dopo da Chadwick, e la particella di Pauli, il neutrino – come lo chiamò Fermi nel 1933 – fu osservata solo nel 1953 da Reines e Cowan.

I neutrini hanno proprietà estreme: masse piccolissime, straordinaria penetrazione, capacità di cambiare natura. Ci fanno compagnia da ottant'anni, ma li conosciamo ancora poco, al punto che non sappiamo se sono descritti dalla teoria di Majorana o da quella di Dirac, vale a dire se un neutrino e un antineutrino sono la stessa particella o meno.

Per studiarli occorrono una pazienza certosina e una tecnica sopraffina, fatta di esperimenti colossali e osservazioni spesso di lunghissima durata. Sforzi spesso ricompensati da un premio Nobel: Reines (1995 neutrino elettronico), Leon Lederman, Melvin Schwartz e Jack Steinberger (1988, neutrino mu), Koshiba e Davis (2002 neutrini cosmici).

Nel caso della trasmutazione del neutrino tau osservata al Gran Sasso, il contributo italiano è stato assolutamente straordinario, sia per qualità che per tenacia e visione. Il laboratorio sotterraneo è dovuto a una felice intuizione di Antonino Zichichi, presidente dell'INFN negli anni ottanta: già allora si pensava a un possibile fascio di neutrini, e non a caso le sale sperimentali sono orientate verso il CERN di Ginevra. Occorre aspettare Luciano Maiani, direttore del CERN dal 1999 al 2003, per l'approvazione, piuttosto contrastata, di un fascio di neutrini mu diretto verso il Gran Sasso. La realizzazione del fascio, operativo dal 2006, ha visto un determinante contributo dell'INFN, così come la progettazione e la realizzazione, durata circa dieci anni, del gigantesco esperimento Opera, in cui un centinaio di ricercatori e tecnici dell'INFN hanno avuto un ruolo determinante nell'ambito di una collaborazione internazionale. Trent'anni di lavoro di squadra per un successo ampiamente meritato.

Ma sapremo cogliere i frutti di questo sforzo? Le manovre finanziarie degli ultimi anni, in particolare quella ora in discussione, non offrono nessun futuro per i giovani ricercatori che lavorano a questi prestigiosi progetti. Antonio Ereditato, l'attuale responsabile dell'esperimento Opera, è un giovane italiano dipendente di un'università svizzera: uno dei tanti nostri cervelli in fuga.

Le Scienze @

edizione italiana di Scientific American

VISITATE IL NUOVO, RICCHISSIMO SITO:

Indirizzo: @ **http://www.lescienze.it**

e scopri tutti i servizi disponibili solo in rete due volte alla settimana

NEWSLETTER

Un **servizio gratuito** di informazioni scientifiche, con la possibilità di ricevere le notizie direttamente al proprio indirizzo di posta elettronica e di scegliere le discipline su cui si vuole essere aggiornati.

QUESTO MESE IN EDICOLA

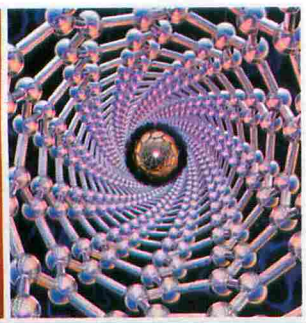
La presentazione di tutte le nostre **pubblicazioni** in edicola ogni mese, con il sommario, il riassunto degli articoli, le note biografiche degli autori e i link di approfondimento alle pagine Web di università, centri di ricerca e istituzioni.

RECENSIONI

Tutti i **libri** selezionati dalla redazione e recensiti ogni mese su LE SCIENZE e su MENTE&CERVELLO si possono acquistare direttamente online.

ABBONAMENTI

Dalle pagine del sito è possibile abbonarsi e rinnovare l'abbonamento in totale tranquillità, grazie al **server di pagamento sicuro**.



E IN PIÙ

I blog tenuti dalla redazione di Le Scienze, su argomenti di grande attualità e interesse per la ricerca italiana e internazionale.

VAI SU

Le Scienze on line

la scienza in rete

per informazioni: info@lescienze.it

POLITICHE DELLO SVILUPPO

L'economia verde dei parchi

Le aree protette portano crescita economica a vantaggio delle popolazioni locali

Il presunto conflitto tra protezione della natura e sviluppo economico non è inevitabile. In Costa Rica e Thailandia – due paesi molto diversi sul piano istituzionale e ambientale ma entrambi ricchi di biodiversità, con politiche conservazioniste pluridecennali e statistiche affidabili che consentono analisi rigorose – nei distretti in cui sono sorte aree protette la povertà è calata. Lo dimostra sui «Proceedings of the National Academy of Sciences» un gruppo di ricerca guidato da Paul Ferraro, dell'International Food Policy Research Institute di Washington.

Posto che i benefici ambientali delle riserve sono stati dimostrati in molti contesti, inclusi i due paesi analizzati, il nodo più controverso restano gli effetti sulle popolazioni locali: il ridotto sfruttamento delle risorse agricole e naturali è un danno economico irreparabile o è bilanciato da benefici quali turismo, servizi offerti dall'ecosistema o infrastrutture di servizio?

Il bilancio non è semplice. Molti studi hanno documentato un maggior degrado sociale nelle comunità che ospitano riserve rispetto a quelle che ne sono prive. Ma questi studi non riuscivano a dimostrare un nesso causale tra l'istituzione di una riserva e la povertà, perché spesso facevano uso di misure indirette del benessere socioeconomico e, soprattutto, non consideravano fattori quali la situazione economica iniziale, la geografia dell'area o la qualità del terreno. Spesso infatti le regioni remote in cui si istituisce un'area protetta sono già meno sviluppate, con handicap quali terreni poco produttivi o difficile accesso ai mercati.

Per ovviare a questi limiti, Ferraro ha usato misurazioni dirette della povertà rilevate casa per casa, e ne ha valutato le variazioni nell'arco di almeno 15 anni. E, soprattutto, ha analizzato accuratamente i distretti indagati per confrontare quelli interessati (con almeno il 10 per cento di superficie protetta) con «distretti di controllo», cioè con meno dell'uno per cento di superficie protetta ma simili ai primi sul piano socioeconomico e delle condizioni iniziali. Così, mentre nel complesso le aree protette risultano ancora una volta le più povere, il confronto fra aree assimilabili disegna un quadro opposto. In Costa Rica la conservazione rende conto del 10 per cento dei progressi economici dei distretti interessati, in Thailandia del 30 per cento.

«Abbiamo dimostrato che uno studio controllato è fattibile», conclude Ferraro, anche se Costa Rica e Thailandia non sono rappresentativi di tutti i paesi in via di sviluppo. L'invito è a estendere lo studio ad altre regioni, regimi di gestione e parametri socioeconomici come la distribuzione del reddito.

Giovanni Sabato

OCCHIO AL PACHIDERMA. Un cartello avvisa i turisti del possibile attraversamento di elefanti su una strada del Sri Lanna National Park, in Thailandia. Le aree protette aiutano le economie locali, secondo uno studio pubblicato sui «Proceedings of the National Academy of Sciences».

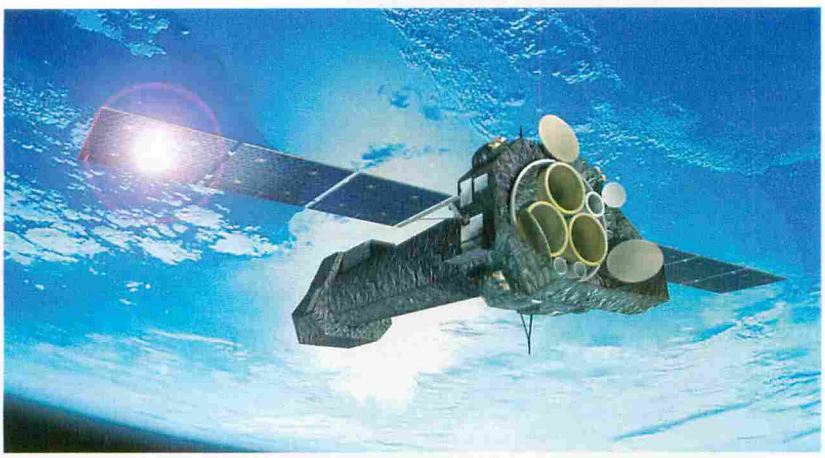
Alisa Tang/AP Photo/LaPresse

ASTROFISICA

Ecco la massa mancante

Le osservazioni nei raggi X hanno risolto un mistero sulla natura dell'universo

Mentre la materia oscura dell'universo continua a essere latitante, sembra definitivamente risolto il mistero della materia mancante. A differenza della materia oscura, la materia mancante è composta da barioni, cioè particelle subatomiche come protoni e neutroni che formano pianeti, stelle, galassie, nubi di gas, insomma l'intero universo. Perché, allora, si parla di materia mancante? Gli scienziati stimano che oggi circa la metà della materia visibile che si trovava nel cosmo durante i primi miliardi di anni successivi al big bang manchi all'appello. Che fine ha fatto?



GRAZIE, NEWTON. Il telescopio orbitante XMM-Newton dell'ESA, qui in una rappresentazione artistica, e il Chandra X-ray Observatory della NASA hanno individuato un serbatoio di massa mancante a 400 milioni di anni luce dal nostro pianeta.

D. Ducros/ESA (*XMM Newton*); NASA/JPL/Caltech/C. Papovich, Texas A&M University (*ammasso galattico*)

Uno studio pubblicato sull«Astrophysical Journal» da un gruppo internazionale di ricercatori provenienti dall'Università della California a Irvine, dal Massachusetts Institute of Technology, dagli Osservatori astronomici di Trieste, Roma, Brera e dall'Istituto di astrofisica spaziale e fisica cosmica di Milano conferma l'idea che la materia mancante si trovi principalmente in una rete diffusa di gas caldo, nota come Warm-Hot Intergalactic Medium (WHIM). Questo tipo di materia sarebbe quindi inafferrabile proprio a causa della sua estrema diffusione e rarefazione.

Per trovare prove della sua esistenza i ricercatori hanno esaminato le osservazioni nei raggi X di un buco nero supermassiccio in rapida crescita noto come nucleo galattico attivo, o AGN (da Active Galactic Nucleus), che dista 2 miliardi di anni luce e genera un'immensa quantità di raggi X mentre attira materia al suo interno. Sulla stessa traiettoria di osservazione, a una distanza di 400 milioni di anni luce, si trova lo Sculptor Wall. Questo «muro» è in realtà una struttura estesa per decine di milioni di anni luce, che contiene migliaia di galassie e sarebbe un grande serbatoio di WHIM.

Le osservazioni con due telescopi per raggi X, il Chandra X-ray Observatory della NASA e XMM-Newton dell'ESA hanno dimostrato che atomi di ossigeno del WHIM contenuto nel muro assorbono parte dei raggi X che provengono dall'AGN e che attraversano lo spazio fino alla Terra. Questo risultato conferma simulazioni teoriche e osservazioni precedenti, messe in discussione perché basate sull'uso di un solo telescopio, Chandra.

Eugenio Melotti

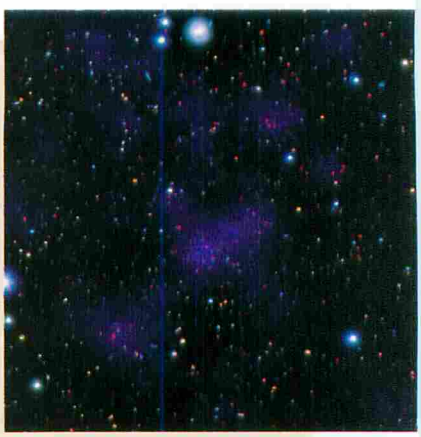
UN AMMASSO EVOLUTO NEL GIOVANE COSMO

Nell'ambito del progetto SWIRE (Spitzer Wide-area InfraRed Extragalactic), la più estesa *survey* extragalattica condotta nell'infrarosso grazie all'osservatorio orbitante Spitzer della NASA, un gruppo guidato da Casey Papovich, della Texas A&M University, ha scoperto l'ammasso di galassie più distante osservato sinora. L'ammasso (*nella foto*), il cui nome è CIG J02182-05102, dista infatti circa 10 miliardi di anni luce, in direzione della costellazione della Balena. A quell'epoca l'universo aveva quattro miliardi di anni.

Composto da una sessantina di galassie, CIG J02182-05102 contiene al suo interno alcune galassie rosse e massicce, molto evolute, concentrate verso il centro dell'ammasso stesso, proprio come si osserva negli ammassi vicini a noi, che hanno avuto miliardi di anni a disposizione per raggiungere lo stato attuale.

Ancora non è chiaro se il gruppo di galassie sia tenuto insieme dalla gravità, cioè se possa essere definito un ammasso, ma la probabilità di osservare un insieme del genere nell'universo primordiale è molto bassa. La scoperta, annunciata su «Astrophysical Journal», è un ulteriore passo avanti nello studio della formazione degli ammassi di galassie.

Emiliano Ricci



ASTROFISICA

Supernove di terzo tipo

Proposto un nuovo processo per l'esplosione di questi oggetti celesti

La supernova SN 2005E potrebbe essere di un tipo sconosciuto fino a oggi. In base a un modello basato sull'analisi delle sue polveri, la stella, la cui esplosione ha liberato enormi quantità di calcio, potrebbe provenire da un sistema binario di nane bianche che si rubano elio a vicenda, secondo un processo del tutto nuovo rispetto a quelli in atto nelle categorie di supernove considerate fino a oggi. Se confermato, il modello pubblicato su «Nature» spiegherebbe la massiccia presenza di calcio nell'universo e quindi negli esseri viventi.

La SN 2005E è stata scoperta il 13 gennaio 2005, e la sua esplosione è avvenuta circa 110 milioni di anni fa. È stata individuata dal telescopio robotico KAIT dell'Università della California a Berkeley, e da quel momento è stata al centro di attenti studi che hanno stabilito la sua appartenenza al gruppo delle cosiddette «supernove ricche di calcio», cioè otto stelle sulle cui singolari caratteristiche gli astrofisici si interrogano da tempo.

Le supernove si dividono in due categorie: quelle di tipo I, che nascono da un sistema binario formato da una nana bianca (stella piccola ma molto compatta) di carbonio e ossigeno e da una stella compagna, e le supernove di tipo II, che si formano dal collasso di un'unica stella gigante. Secondo simulazioni al computer basate sull'analisi quantitativa e qualitativa delle polveri di SN 2005E compiuta dal Weizmann Institute of Science di Rehovot, in Israele, la supernova sarebbe esplosa seguendo uno nuovo schema: una nana bianca avrebbe sottratto elio alla compagna fino a raggiungere una certa massa critica e poi produrre un'esplosione nucleare in cui l'elio si è trasformato in elementi come calcio e titanio. In più le analisi indicano che circa metà della massa della stella si sia trasformata in calcio.

Gli scienziati stimano che una coppia di queste supernove ogni 100 anni sarebbe sufficiente a spiegare l'alta percentuale di calcio osservata in galassie come la Via Lattea e, in particolare, negli esseri viventi. Inoltre, sarebbe chiarito anche il mistero dei positroni, particelle con massa degli elettroni ma con carica opposta, che abbondano nel nucleo della galassia: proverrebbero dal decadimento del titanio emesso da stelle come SN 2005E.

Stefano Pisani

QUEL CHE RESTA DI UNA STELLA. Immagine della nebulosa diffusa N49, formata da resti di supernova. Uno studio ha proposto un nuovo meccanismo per le esplosioni di supernova, grazie a cui si spiegherebbe l'abbondanza di calcio nelle galassie.

M83 VISTA DALL'ESO

Charles Messier, il cacciatore di comete che nel 1774 pubblicò il primo catalogo di oggetti diffusi, la mise al numero 83 del suo celebre elenco. Si tratta della galassia a spirale M83, di cui lo European Southern Observatory (ESO) ha da poco pubblicato un'immagine (*qui accanto*) nell'infrarosso con un livello di dettaglio mai raggiunto. Per ottenerla, il gruppo di guidato da Mark Gieles, dell'Università di Cambridge, e Yuri Beletsky, dell'ESO, ha impiegato la camera infrarossa a grande campo HAWK-I, installata su un'unità del Very Large Telescope, in Cile.

Distante circa 15 milioni di anni luce da noi in direzione della costellazione dell'Idra, M83 è una spirale barrata, con bracci popolati di regioni di formazione stellare. La ripresa nell'infrarosso permette di vedere direttamente le giovani stelle, perché le nubi di polvere che le avvolgono sono trasparenti alla radiazione infrarossa, mentre il gas circostante è meno luminoso rispetto alle osservazioni nel visibile. Obiettivo di queste ricerche è valutare l'efficienza dei processi di formazione stellare.

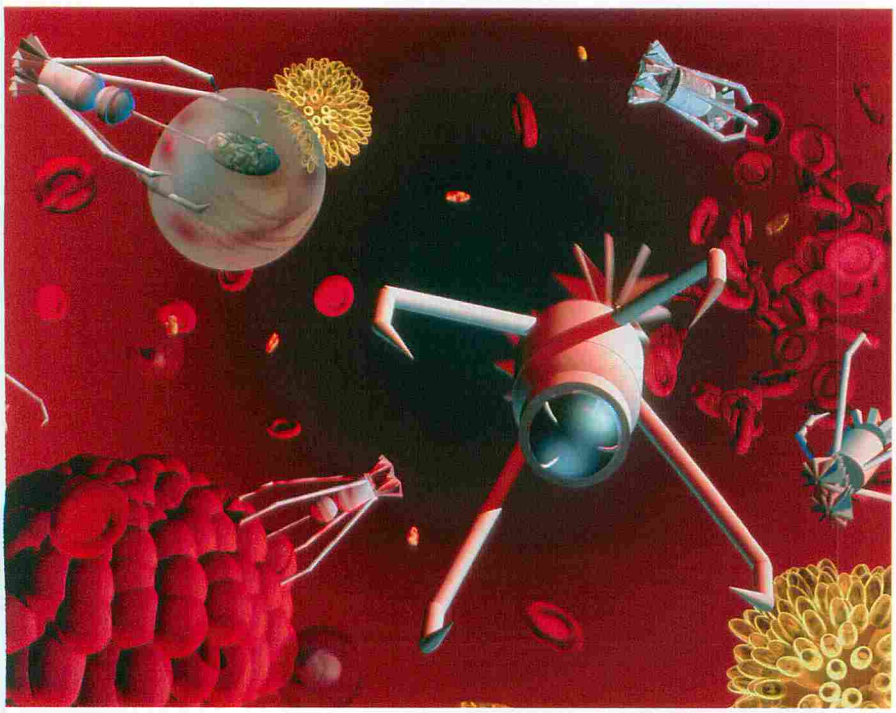
Emiliano Ricci

NASA/CXC/STScI/JPL/C altech/UIUC/University del Minnesota (*N49*); ESO (*M83*)

NANOTECNOLOGIE

Piccoli, meravigliosi robot

Nuovi passi avanti nella costruzione di macchine molecolari basate sul DNA



Erik Viktor/SPL/Contrasto

DOTTORI IN MINIATURA. Illustrazione artistica di nanorobot all'interno di un vaso sanguigno per scopi terapeutici. Già la fantascienza aveva immaginato macchine del genere, ma ora due studi hanno compiuto notevoli passi in avanti nello sviluppo di nanorobot di DNA.

Due gruppi di ricerca hanno annunciato su «Nature» la produzione di nanorobot composti da DNA. Questi minuscole macchine sono capaci di muoversi lungo un percorso programmato e di trasportare e combinare particelle grazie a una catena di montaggio. I nanorobot si ispirano ai «motori proteici»: strutture presenti negli organismi viventi che trasportano molecole da un punto all'altro di una cellula.

La fantascienza aveva già immaginato macchine piccolissime capaci di penetrare nell'organismo per esplorarlo, monitorarlo e somministrare terapie. Negli ultimi vent'anni, questa visione si è concretizzata grazie all'uso del DNA. Questa molecola può compiere semplici operazioni di calcolo (*DNA computing*), muoversi (*DNA walking*) ed essere modellata (*DNA origami*). Combinando queste tecniche, il gruppo di Milan Stojanovic, della Columbia University, e quello di Ned Seeman, della New York University sono riusciti a costruire due robot microscopici autonomi e funzionali.

Gli esperimenti realizzati fino a oggi avevano

ATOMI IN MOVIMENTO NELLA FOTOSINTESI

La European Synchrotron Radiation Facility (ESRF) di Grenoble, in Francia, è uno dei più avanzati acceleratori di particelle del mondo. Questo sincrotrone ha un anello di 844 metri di diametro e produce fasci di luce pulsante ad ampio spettro, dagli infrarossi ai raggi X. Le radiazioni più sfruttate sono proprio quelle di tipo X, la cui lunghezza d'onda è in grado di penetrare nell'intima struttura della materia e rivelare dettagli invisibili perfino ai microscopi elettronici più potenti. Grazie alla luce di sincrotrone, si possono fotografare e studiare i più piccoli componenti della vita: atomi, molecole e proteine. Speciali macchine fotografiche a raggi X consentono di ottenere immagini tridimensionali della disposizione degli atomi in una molecola, ma anche di indagare fenomeni dinamici, come le fasi di una reazione chimica complessa.

Ricercatori dell'Università di Göteborg e della Chalmers University of Technology, sempre di Göteborg, hanno usato questa potente tecnologia proprio per fotografare le dinamiche di una reazione chimica fondamentale, da cui dipende la vita: la fotosintesi. L'obiettivo dello studio, pubblicato su «Science», era in particolare una proteina che fa parte del centro di reazione fotosintetico del batterio *Blastochloris viridis* e ha un ruolo centrale nella conversione della luce solare in energia chimica. L'immagine a raggi X, la prima realizzata, mostra che la proteina immagazzina in modo temporaneo l'energia della luce subito prima della formazione di un legame chimico. In particolare si è visto che la catena laterale di TyrL162, un residuo dell'amminoacido tirosina adiacente alla coppia speciale di molecole di batterioclorofilla che vengono ossidate durante l'evento primario di conversione della luce della fotosintesi, si sposta di 1,3 ångström (1 ångström è pari a 0,1 nanometri) più vicino alla coppia speciale dopo la fotoattivazione.

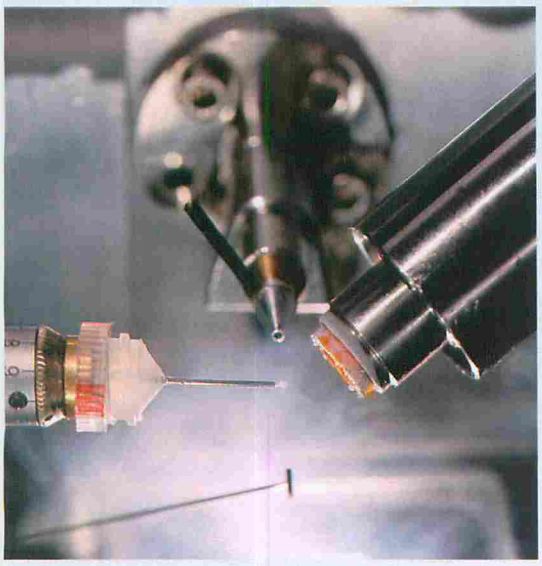
Oltre a fornire uno spaccato affascinante del cuore stesso della vita, queste osservazioni potranno fornire un modello per i pannelli solari del futuro, in cui i ricercatori sperano di copiare la sofisticata e ancora inimitabile conversione energetica della fotosintesi.

Eugenio Melotti

raggiunto livelli di autonomia e programmabilità inferiori rispetto a quelli pubblicati su «Nature». La macchina di Stojanovic è simile a un «ragno molecolare», con un corpo composto di proteine e zampe di DNA. Il robot si muove su un substrato di altre molecole di DNA, che interagiscono con le zampe, costituendo una specie di «ferrovia» o percorso programmato. Il robot modifica il substrato mentre si muove, fino ad arrivare a un insieme di molecole che bloccano il movimento. Grazie a un microscopio a forza atomica, Stojanovic ha documentato «passeggiate» lunghe fino a 100 nanometri.

Seeman ha usato la tecnologia dei «camminatori di DNA», in cui corpo e zampe sono composti da questa molecola, e le estremità hanno un'«ancora» che le aggancia a una superficie. Quando si dispongono molecole di DNA davanti al robot, l'ancora si accoppia a queste molecole, permettendo al robot di fare un passo in avanti. Oltre alle zampe, la macchina di Seeman ha tre «mani» che possono trasportare o rilasciare altre molecole. Il gruppo di Seeman ha costruito una vera e propria catena di montaggio, in cui il camminatore interagisce con altre tre macchine di DNA, che gli consegnano molecole assemblate dal robot camminatore. Il limite principale di questo sistema è che è necessario inserire continuamente molecole di DNA per mantenere il camminatore in movimento.

Michele Catanzaro



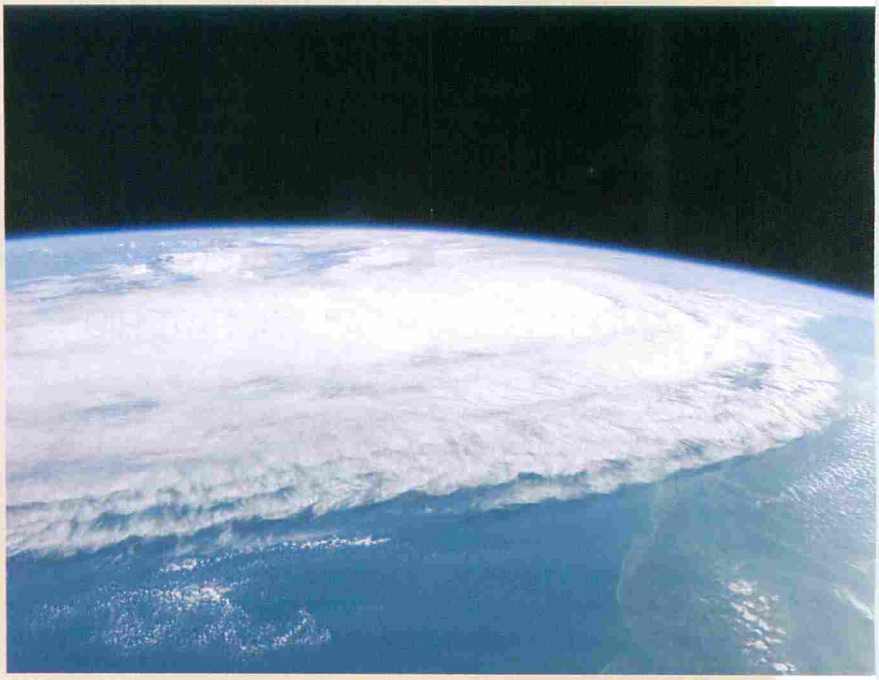
Denis Morel, ESRF (*campione analisi*); NASA (*Terra*)

PRONTO PER L'ANALISI.
All'ESRF di Grenoble, un campione di materiale (*in bianco, sulla punta*) è pronto per l'analisi ai raggi X.

ACQUA SULLA TERRA DEI PRIMORDI

Probabilmente l'acqua era presente sulla Terra già durante le ultime fasi della formazione del pianeta. Così almeno suggerisce una ricerca dell'Università di Manchester e della Carnegie Institution for Science di Washington pubblicata su «Science», secondo cui comete e asteroidi non sarebbero stati i principali «fornitori» di elementi leggeri per la Terra, come si pensava fino a oggi. I risultati dello studio, infatti, concordano con un modello vecchio di trent'anni per cui gli elementi volatili erano già presenti durante le fasi finali del processo di formazione planetaria, e costringono gli scienziati a rimettere in discussione il modo in cui la Terra sarebbe nata. Secondo la ricerca, fra 30 e 100 milioni di anni dopo la nascita del sistema solare, un periodo che in termini geologici è poco più di un batter di ciglia, alcuni elementi volatili, fra cui l'acqua, sono comparsi durante i violenti processi che stavano formando la Terra.

Maria Schonbachler, ricercatrice dell'università britannica, ha misurato la presenza di isotopi dell'argento (elemento relativamente volatile) e del palladio in rocce del mantello e in meteoriti che risalgono alla formazione del nostro pianeta. Dal rapporto fra le abbondanze di argento-107 e palladio-107 è stato possibile scrivere una «storia» degli elementi volatili della Terra e stabilire il momento di formazione di un determinato campione di roccia, in modo da avere un'idea dei tempi e delle modalità di accrescimento delle componenti più centrali del pianeta. I risultati sono compatibili con un modello secondo cui la composizione del materiale che ha formato la Terra si è «alleggerita» all'aumentare del volume del pianeta, includendo anche l'acqua nella fase finale.



Nei primi 10 milioni di anni di condensazione della proto-Terra, gli elementi che formavano il nucleo erano essenzialmente non volatili, perché l'intensa radiazione solare allontanava gran parte degli elementi più volatili. In questo modo, il pianeta in formazione ha raggiunto l'85 per cento della massa attuale. Ma fra 30 e 100 milioni di anni dopo l'origine del sistema solare, il processo di accrescimento ha incluso anche elementi volatili come l'acqua, che quindi potrebbe essere stata già presente sulla Terra fin dai suoi primi istanti di «vita».

Stefano Pisani

BIOLOGIA

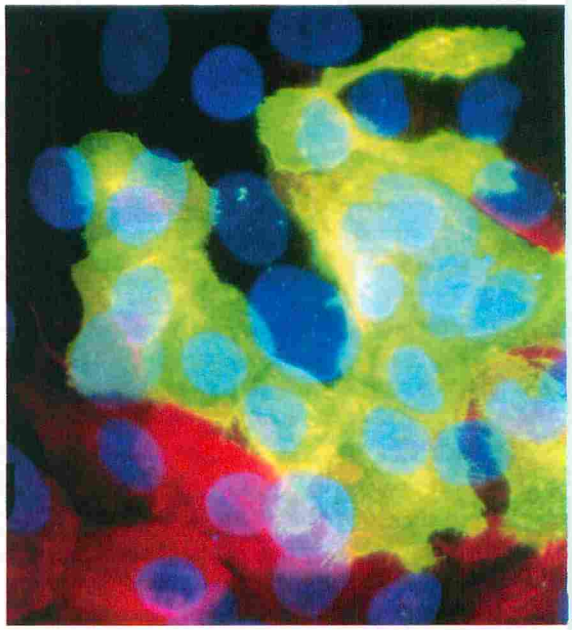
Tra morte e crescita

Individuata una proteina che collega apoptosi e moltiplicazione tumorale

L'apoptosi, cioè la morte cellulare programmata, è considerata dai biologi uno strumento efficace con cui gli organismi eliminano le cellule difettose o indesiderate, prime fra tutte quelle che hanno perso la capacità di crescere in maniera controllata, e che possono dare luogo a proliferazione tumorale.

Il processo inizia quando una proteina recettore, denominata CD95, viene attivata da altre specifiche proteine. Si studia da tempo la relazione tra i livelli di CD95 e il processo tumorale, ma i risultati di una ricerca condotta da alcuni studiosi dell'Università di Chicago e della Northwestern University indicano un'ipotesi inquietante: Marcus Peter e il collega Robert Lurie hanno scoperto che le cellule tumorali in rapida divisione esprimono livelli particolarmente elevati di CD95, ma invece di morire si moltiplicano rapidamente.

Si fa largo così l'idea che il recettore sia implicato nella crescita tumorale. I ricercatori hanno la-



QUESTIONI DI CONTROLLO. I meccanismi che regolano la morte cellulare programmata sono da tempo sospettati di avere un ruolo anche nella moltiplicazione incontrollata che si verifica nei tumori. Nella microfotografia a fianco, una coltura di cellule epiteliali umane durante il processo di apoptosi.

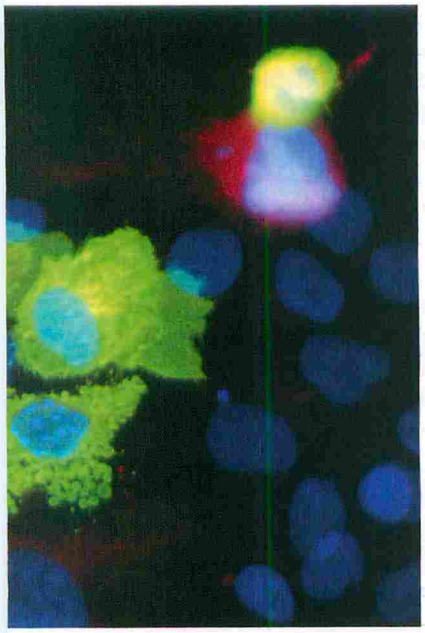
QUANDO L'ISOLA SI FA LABORATORIO

Le isole offrono straordinarie opportunità per studiare la selezione naturale al lavoro. Come hanno dimostrato i coniugi Grant, che pochi anni fa sono riusciti a dimostrare, dopo decenni di osservazioni alle Galápagos, l'evoluzione in atto sui becchi e sul corpo dei fringuelli di Darwin, che proprio ragionando su queste specie aveva intuito i meccanismi della selezione.

Ora Robert Cox e Ryan Calsbeek, biologi del Dartmouth College, usando alcune isole delle Bahamas come laboratori sperimentali, hanno effettuato una delle più grandi manipolazioni della selezione naturale mai condotte su una popolazione di animali selvatici. Oggetto della ricerca, pubblicata su «Nature», è una lucertola, l'anolide bruno (*Anolis sagrei*), che popola isole e isolotti dei Caraibi. Lo scopo, manipolare le popolazioni di lucertola di intere isole per misurare l'importanza relativa della predazione e della competizione come agenti della selezione.

Per studiare questi effetti, i ricercatori hanno ricoperto alcune delle isole più piccole di reti per tenere lontani gli uccelli predatori. Altre isole, invece, sono state lasciate aperte ai predatori, mentre su altre ancora i ricercatori hanno introdotto serpenti in grado di predare sia le lucertole sia gli uccelli. Poi i biologi hanno trascorso un'estate a registrate quali lucertole morivano e quali sopravvivevano sulle diverse isole. «Abbiamo avuto ripetute prove che la morte causata dai predatori agiva in modo casuale su caratteri come le dimensioni corporee o l'abilità nella corsa delle lucertole», ha detto Cox. «In compenso abbiamo scoperto che aumentando la densità di lucertole su un'isola si determinava sempre una forte selezione naturale, che favoriva proprio questi due caratteri.» E Calsbeek sottolinea come a volte la competizione sia più importante della predazione nelle dinamiche di popolazione. Questo sembra il caso delle lucertole, in cui l'alta densità scatena un'accesa competizione per il cibo, lo spazio e altre risorse che finisce per selezionare individui più grandi e scattanti.

Eugenio Melotti



Nancy Kedersha/ Immunogen /SPL/Contrasto (*apoptosi*); Kathy Strauss/Stockphoto (*palme*); AP Photo/Bulit Marquez (*aeroporto*);

vorato su colture tissutali umane e su topi, dimostrando che se si blocca l'attività del recettore il processo di crescita tumorale si ferma, o addirittura si assiste a una completa remissione, con un tessuto che ritorna perfettamente normale.

Lo studio, pubblicato su «Nature», ha preso in considerazione diverse linee cellulari tumorali umane, e topi modello con cancro al fegato e alle ovaie: in tutti questi casi l'eliminazione o l'inibizione di CD95 ha comportato la fine della crescita tumorale. Secondo gli autori, la ragione di questo fenomeno va trovata nell'azione che CD95 ha su altri fattori essenziali per la crescita delle cellule: a un certo punto le cellule «decidono» se far prevalere la morte o la crescita cellulare, dosando opportunamente il livello di CD95.

Si prospetta un cambio rivoluzionario di strategia terapeutica, visto che negli ultimi vent'anni si è tentato di sconfiggere i tumori stimolando gli attivatori di CD95. I ricercatori stanno ora ponendo grande attenzione ai risultati di un trial clinico in fase II già in atto, basato sulla somministrazione di un inibitore dell'azione del recettore. L'obiettivo del trial era fermare la distruzione di cellule colpite da malattie degenerative, ma ora si analizzeranno anche gli effetti sulle cellule tumorali.

Paola Nardi

COMPETIZIONE ALIMENTARE
PIANTA-ANIMALE

Scoperto in Florida il primo caso di competizione alimentare fra un animale e una pianta. Ne sono protagonisti una drosera insettivora (*Drosera capillaris*), che cattura gli insetti con le sue foglie appiccicose, e un ragno della famiglia dei licosidi (*Sosippus floridanus*). Ragni e drosere coabitano nello stesso ambiente, cacciano gli stessi insetti – quali mosche, formiche e grilli – e sono entrambi più abbondanti nelle aree più ricche di prede. Come spiega sui «Proceedings of the Royal Society B» David Jennings, della University of South Florida, le due specie mostrano di reagire alla reciproca presenza. In natura, quando ci sono drosere nelle vicinanze, i ragni tessono tele più grandi, presumibilmente per avere più opportunità di intercettare gli insetti prima delle competitrici. Le drosere soffrono la concorrenza perché, quando nei terrari devono convivere con i ragni che sottraggono loro gran parte dei grilli, producono meno foglie e semi, vedendo quindi compromessa la propria fitness.
La competizione fra esponenti di due regni diversi era stata teorizzata a più riprese, ma questo è il primo caso in cui viene dimostrata nel concreto. E probabilmente, a detta di Jennings, non l'ultimo.

Giovanni Sabato

UN NUOVO BERSAGLIO PER COLPIRE L'INFLUENZA A

Un gruppo di ricerca dell'Università di Hong Kong ha identificato un nuovo bersaglio da colpire per uccidere il virus dell'influenza A. I risultati di questo studio sono stati pubblicati sull'ultimo numero di «Nature Biotechnology».
L'influenza A continua a essere un'importante sfida di salute pubblica, a causa della comparsa di nuovi ceppi influenzali altamente virulenti e spesso resistenti ai farmaci attualmente in uso, come gli adamantani o gli inibitori delle neuroamminidasi. È quindi necessario identificare nuovi bersagli terapeutici per sviluppare nuovi farmaci in grado di contrastare le infezioni del virus influenzale.
Analizzando un'ampia libreria di piccole molecole, Richard Y Kao e colleghi hanno scoperto che una molecola denominata nucleozina può sopprimere la replicazione del virus dell'influenza A sia nelle linee cellulari (*in vitro*) che nei topi infettati con dosi letali del virus dell'influenza aviaria di tipo A H5N1 (*in vivo*). La nucleozina stimola, infatti, l'aggregazione delle molecole di nucleoproteina (NP), una proteina del virus influenzale, impedendo così la replicazione del virus.
Essendo una delle 11 proteine finora codificate del genoma virale, NP è un valido bersaglio per lo sviluppo di nuove terapie basate sull'uso di piccole molecole.

Enrico Properzi

NEUROSCIENZE

Neurorazzismo

Il grado di empatia verso il dolore altrui è influenzato dal pregiudizio

I pregiudizi razziali ci rendono meno sensibili al dolore altrui, non solo a livello emotivo o cognitivo, ma anche fisico. Lo mostra su «Current Biology» un gruppo italiano guidato da Salvatore Aglioti, dell'Università «La Sapienza» di Roma.

Quando una persona avverte dolore in una determinata zona, i circuiti corticali e spinali che rappresentano quell'area divengono meno eccitabili. Lo stesso accade osservando il dolore di un altro, come se si stesse vivendo personalmente l'esperienza. Si tratta quindi di una forma di empatia molto basilare, che non riguarda i centri cerebrali superiori ma i circuiti sensitivi e motori.

Don Bayley/iStockphoto

Ai fini dell'esperimento, l'eccitabilità è stata misurata somministrando stimoli alla corteccia motoria con la tecnica non invasiva della stimolazione magnetica transcranica e verificando la reazione dei muscoli da essa controllati. Così sono state misurate le reazioni di persone di pelle bianca e nera all'immagine di un ago che punge una mano del proprio o dell'altro gruppo. Mentre ciascuno mostrava una forte reazione al dolore di membri del proprio gruppo, la condivisione del dolore dell'altro gruppo è risultata molto scarsa.

L'indifferenza potrebbe dipendere semplicemente dalla minore familiarità dell'aspetto, che ostacola l'immedesimazione. Ma la realtà si è mostrata più complessa. Mentre quasi tutti si dichiaravano esenti da pregiudizi razziali, un test per valutare i pregiudizi inconsapevoli (lo IAT) ha rilevato che molti partecipanti ne erano affetti. Ebbene, chi nutriva più pregiudizi verso il gruppo estraneo aveva una minore reazione al suo dolore.

Per riprova, il test è stato ripetuto con mani colorate di viola, e benché tutti le giudicassero le meno familiari la reazione è stata intermedia: la chiave della mancata immedesimazione, dunque, non sta tanto nella scarsa familiarità, quanto nel pregiudizio. La scarsa empatia verso gli estranei al gruppo, concludono gli autori, non è una necessità ineluttabile inscritta nella nostra psiche: ci immedesimiamo di più verso chi riconosciamo più simile, ma sappiamo condividere anche il dolore di un perfetto estraneo, se non vi applichiamo uno stereotipo negativo. La categorizzazione sociale, d'altro canto, influenza la nostra mente a un livello più profondo di quanto si fosse visto finora.

Giovanni Sabato

PUNTURE CONTRO IL DOLORE

L'agopuntura funziona davvero contro il dolore? Secondo un gruppo di ricerca dell'Università di Rochester la risposta è sì. E la ragione, si legge su «Nature Neuroscience», è in un neurotrasmettitore, l'adenosina, che viene rilasciato dopo aver inserito gli aghi nella cute: l'adenosina riesce a bloccare i recettori del dolore. Almeno negli esperimenti eseguiti sui topi.

L'adenosina – che ha un ruolo fondamentale anche nei processi biochimici, per esempio nel trasferimento di energia, come componente dell'ATP e dell'ADP – è una molecola prodotta dalla pelle per ridurre il dolore dopo un trauma, in seguito a una stimolazione elettrica, termica o meccanica. I ricercatori ne hanno studiato il legame con l'agopuntura inserendo sottili aghi metallici per 1,5 millimetri sotto il ginocchio di topi con una zampa infiammata. Ogni topo era sottoposto al trattamento per mezz'ora e ogni ago era ruotato leggermente a intervalli di cinque minuti, seguendo tempi e procedure normalmente usate durante i trattamenti sugli esseri umani.

L'agopuntura si è rivelata efficace: il dolore si riduceva di due terzi rispetto ai topi non trattati, ma solo se gli aghi erano stati ruotati. L'effetto, valutato dieci minuti dopo la seduta, era limitato all'area trattata, e il giorno dopo era scomparso. Sarebbe proprio l'adenosina a essere responsabile dell'analgesia: la sua concentrazione nei tessuti vicino agli aghi aumentava di 24 volte subito dopo il trattamento. Come riprova, i ricercatori hanno sottoposto ad agopuntura topi geneticamente modificati in modo che non aves-

DEMOGRAFIA

Come cambia la mortalità

Al calo dei decessi infantili si accompagna un peggioramento per gli adulti

Una ricerca dell'Università di Washington, pubblicata su «Lancet», rivela che la mortalità infantile nel mondo sta rapidamente diminuendo. I decessi prima dei cinque anni di vita, in 187 nazioni, sono stati 11,9 milioni nel 1990, mentre nel 2010, si stima, saranno 7,7 milioni: il 35 per cento in meno. Molti paesi, quindi, dovrebbero raggiungere il quarto degli obiettivi del Millennio fissati dall'ONU: un calo di due terzi nella mortalità infantile fra il 1990 e il 2015.

Paesi come l'Etiopia hanno ancora un tasso altissimo, 101 morti ogni 1000 nati (il record positivo di Singapore è di 2 su 1000), ma lo hanno dimezzato rispetto a vent'anni fa. E si potrebbe fare ancora meglio: un rapporto dell'OMS e dell'Unicef rivela che due terzi delle morti infantili sono dovuti a malattie infettive facilmente prevenibili e curabili, come diarrea, polmonite e malaria. Con finanziamenti relativamente bassi sarebbe quindi possibile ottenere per queste malattie gli stessi successi raggiunti, per esempio, contro morbillo e tetano, ormai trascurabili come causa di mortalità nei bambini.

Ma se la mortalità infantile è calata del 2 per cento all'anno, negli scorsi vent'anni quella prematura degli adulti è diminuita solo dell'1 per cento. E in 37 nazioni, fra cui Cuba, Russia e Grecia, gli adulti hanno più probabilità di morire oggi che nel 1990. Lo rivela, sempre su «Lancet», un altro studio dell'Università di Washington, che ha analizzato la mortalità fra i 15 e i 60 anni nel mondo.

Ogni anno muoiono prematuramente 24 milioni di adulti, ma se in Islanda il tasso di mortalità per gli uomini è del 65 per mille, nello Swaziland è del 765 per mille. E se per le donne cipriote il rischio è del 38 per mille, per quelle dello Zambia è del 606 per mille. In media, le donne hanno un rischio di morte prematura del 26 per cento inferiore ai maschi.

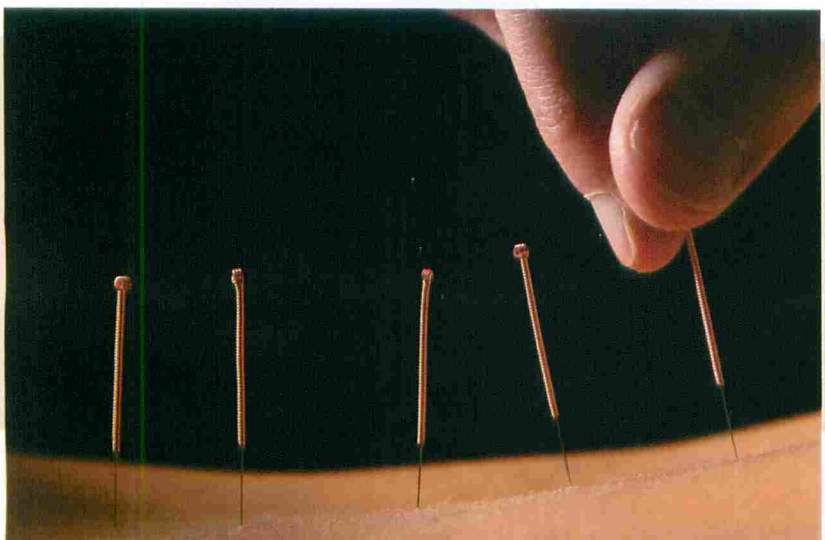
Le cause del peggioramento registrato in co-

Yanik Chauvin/Stockphoto (*agrh*); Saurabh Das/AP Photo/LaPresse (*vaccinazione*)

sì tante nazioni, secondo i ricercatori, vanno attribuite all'aumento delle disuguaglianze economiche, all'AIDS e al diffondersi di abitudini come fumo e alimentazione sbilanciata. «La vita dei giovani adulti – dice Alan Lopez, uno degli autori della ricerca – è importante come quella dei bambini. Dobbiamo riuscire a suscitare lo stesso interesse che circonda la mortalità infantile».

Alex Saragosa

PREVENIRE È POSSIBILE. Benché i dati globali sulla mortalità al di sotto dei cinque anni siano migliorati, due terzi dei decessi che ancora si verificano sarebbero evitabili, per esempio con campagne di vaccinazione (*sopra, vaccinazione antipolio in Nigeria*).



sero recettori per l'adenosina: in questo caso non si osservava alcun effetto analgesico. Ma in che modo agisce la molecola? Secondo gli autori inibisce i neuroni che trasmettono il dolore da un'area infiammata al cervello. I topi trattati mostravano infatti una ridotta attività della corteccia cingolata anteriore (area importante per la percezione del dolore), quando la zampa infiammata era sottoposta a uno stimolo doloroso. Ora l'obiettivo dei ricercatori è trovare una molecola che aumenti gli effetti dell'agopuntura.

Andrea Gentile

Cervello e socialità

Per le locuste del deserto la socialità è una questione di cranio. Tra i cambiamenti morfologici e comportamentali che caratterizzano il passaggio dalla fase solitaria a quella gregaria, infatti, c'è anche un aumento delle dimensioni del cervello. La scoperta è di ricercatori dell'Università di Cambridge, in Gran Bretagna. Le locuste del deserto (*Schistocerca gregaria*) hanno una doppia vita. Se il cibo scarseggia sono solitarie, ma appena la vegetazione fiorisce la popolazione cresce sino a superare una soglia critica di densità. È allora che dal sistema nervoso delle locuste partono segnali chimici che innescano mutamenti che le trasformano in voraci insetti sociali. Le locuste gregarie sono più piccole delle solitarie, ma hanno il cervello più grande anche di un terzo. Inoltre le aree cerebrali deputate all'elaborazione di stimoli complessi aumentano le dimensioni a scapito dei lobi ottici. Vivendo in gruppo, è essenziale riuscire a prevedere le azioni degli altri, capaci di una competizione per il cibo feroce fino al cannibalismo. **(MaSa)**

Un modello per la diffusione dell'HIV

Un articolo del «New Journal of Physics» ha presentato un modello matematico della diffusione del virus dell'HIV nel corpo umano di efficacia senza precedenti. Lo studio, firmato dal fisico Jianwei Shuai e dal chimico Hai Lin, della Xiamen University (Cina), darebbe indicazioni sulla fase asintomatica e sulle diverse reazioni delle cellule. Il virus dell'HIV entra nei linfociti T, essenziali per il sistema immunitario, e si replica fino a distruggere la capacità dell'organismo di reagire alle infezioni. Nel modello di Shuai e Lin, le particelle di HIV si muovono lungo un cammino aleatorio su un reticolo che simula un insieme di linfociti T. Quando due particelle si incontrano, interagiscono secondo regole che simulano il comportamento dell'infezione. Il modello prende in considerazione anche altri parametri, che riproducono la reazione dei linfociti. Secondo gli autori, questi semplici incontri casuali spiegherebbero la variabilità della fase di latenza, che oscilla fra i 5 e i 15 anni, e che i medici attribuivano finora a proprietà speciali del sistema immunitario di ciascun individuo. Inoltre, gli autori credono di aver identificato quale tipo di linfociti T è più importante nella diffusione: un'informazione preziosa per gli scienziati che stanno lavorando a un possibile vaccino. **(MiCa)**

Il marzo più caldo

Uno dei problemi nel convincere l'opinione pubblica della realtà del cambiamento climatico è il fatto che localmente si ha una visione distorta dell'andamento globale. Un esempio lo si è avuto nel marzo scorso, che in gran parte d'Europa è stato piuttosto freddo e piovoso.

A livello globale, invece, il marzo 2010 è stato il più caldo mai registrato: la temperatura media è stata di 13,5 gradi, + 0,77 gradi rispetto alla media del XX secolo. Le temperature sulla terraferma sono state le quarte più alte mai registrate, mentre quelle oceaniche hanno battuto ogni record, con 16,5 gradi, + 0,56 rispetto alla media.

Temperature più alte della media si sono registrate soprattutto in Africa, Asia meridionale e Canada. Anche ai poli è stato meno freddo del normale: a marzo la banchisa antartica era del 6,6 per cento sotto la media 1979-2000, mentre quella artica era a – 4,1 per cento. **(AlSa)**

Balena fuori rotta o grande ritorno?

A metà dello scorso mese di maggio, al largo delle coste di Israele è stata avvistata una balena grigia (*Eschrichtius robustus*) . È il primo avvistamento nella zona in oltre 200 anni, cioè dopo che la popolazione atlantica di questi cetacei lunghi fino a 15 metri e di 45 tonnellate di peso fu completamente distrutta dalla caccia con le baleniere.

La balena deve essere arrivata dal Pacifico, una nuotata di 12.000 chilometri, sfruttando il famoso «passaggio a nord-ovest», reso transitabile nelle estati di questi ultimi anni dalla riduzione del ghiaccio artico dovuta al cambiamento climatico. Questo sarebbe confermato dal fatto che da alcuni anni le balene grigie si stanno avventurando sempre più a nord, davanti all'Alaska e al Canada, rispetto ai loro normali territori estivi di caccia nel Pacifico settentrionale.

Dopo essere arrivata nell'Atlantico, la balena deve aver poi seguito istintivamente le coste orientali verso sud, come fanno le balene del Pacifico per raggiungere le aree di riproduzione davanti al Messico, finendo però nel Mediterraneo. Si spera che questo non sia un caso isolato, ma l'inizio della rinascita di una popolazione di balene grigie nell'Atlantico: finalmente qualcosa di buono dal cambiamento climatico. **(AlSa)**

Mike Fiala/AP Photo/LaPresse (*balena*); Tilmann von Au/Stockphoto (*Sole*)

Radiografia segreta del cemento

Malgrado il suo uso quasi universale – la sua produzione è così abbondante che genera un impatto ambientale pari a circa il 5 per cento del totale delle emissioni umane – il cemento nasconde ancora qualche mistero. In particolare si ignora la natura del «collante» interno che lo rende così solido e resistente.

Ora un lavoro pubblicato su «Physical Review Letters» da un gruppo dell'Università della California a Berkeley coordinato da Paulo Monteiro getta nuova luce sulla questione: i responsabili della tenuta del cemento sarebbero nanocristalli di 3,5 nanometri, impacchettati densamente e con una struttura simile a quella della tobermorite, un minerale. Il gruppo ha sottoposto a un'analisi a raggi X di alta energia campioni di CSH (silicati idrati di calcio), il materiale base del cemento Portland, che si ottiene mescolando con l'acqua una polvere di calcio, silicati e ioni metallici. L'immagine ottenuta ha permesso di identificare una struttura interna analoga alla tobermorite, ma con assenza di strutture ordinate al di sopra dei 3,5 nanometri.

I ricercatori hanno usato campioni costruiti in laboratorio, ma poi hanno confrontato i risultati con campioni del minerale e di cemento fabbricato in condizioni simili a quelle reali. **(MiCa)**

Le origini dello Yangtze

Lo Yangtze, il leggendario Fiume Azzurro della Cina, è probabilmente più antico di 40 milioni di anni rispetto a quanto si pensasse. Uno studio su minerali del suo bacino ha infatti permesso ai ricercatori della Durham University di stimare che il fiume cominciò a incidere l'area delle Tre Gole – dove oggi sorge una diga tra le più imponenti del mondo – circa 45 milioni di anni fa.

Lo Yangtze è il terzo fiume al mondo per lunghezza, e ha rivestito un'importanza cruciale nello sviluppo della cultura cinese. E le Tre Gole, che separano il bacino del Sichuan, a ovest, dai bassopiani situati a est, hanno un significato storico, culturale e geomorfologico particolare. Senza il passaggio per i trasporti rappresentato dalle Tre Gole, infatti, la Cina sud-occidentale, compresa la ricca area agricola del Sichuan, sarebbe rimasta tagliata fuori dal resto del paese dalle montagne altrimenti inaccessibili che circondano la regione. **(FoCl)**

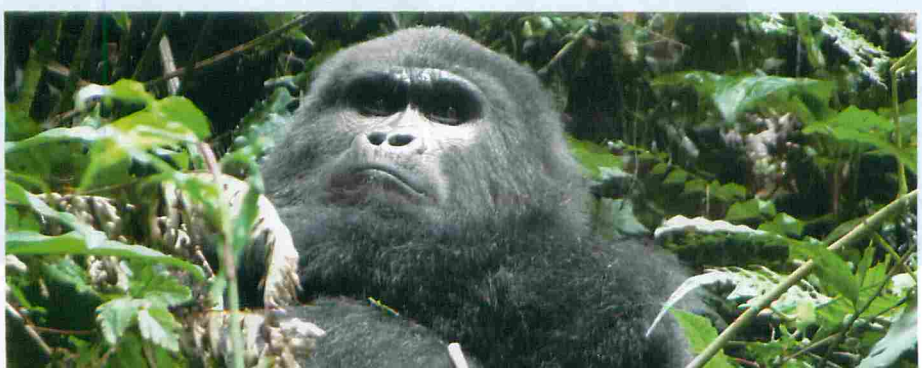
Immigranti, brava gente

Molte persone, tra cui vari esponenti politici, sostengono che l'immigrazione genera criminalità. Ma secondo il sociologo Tim Wadsworth è vero il contrario. Wadsworth ha raccolto i dati su immigrazione e numero di rapine e omicidi in 479 città americane fra il 1980 e il 2000. A prima vista le città con più immigrati sembrano quelle con più criminalità, ma questo può dipendere dal fatto che sono aree più povere della media nazionale.

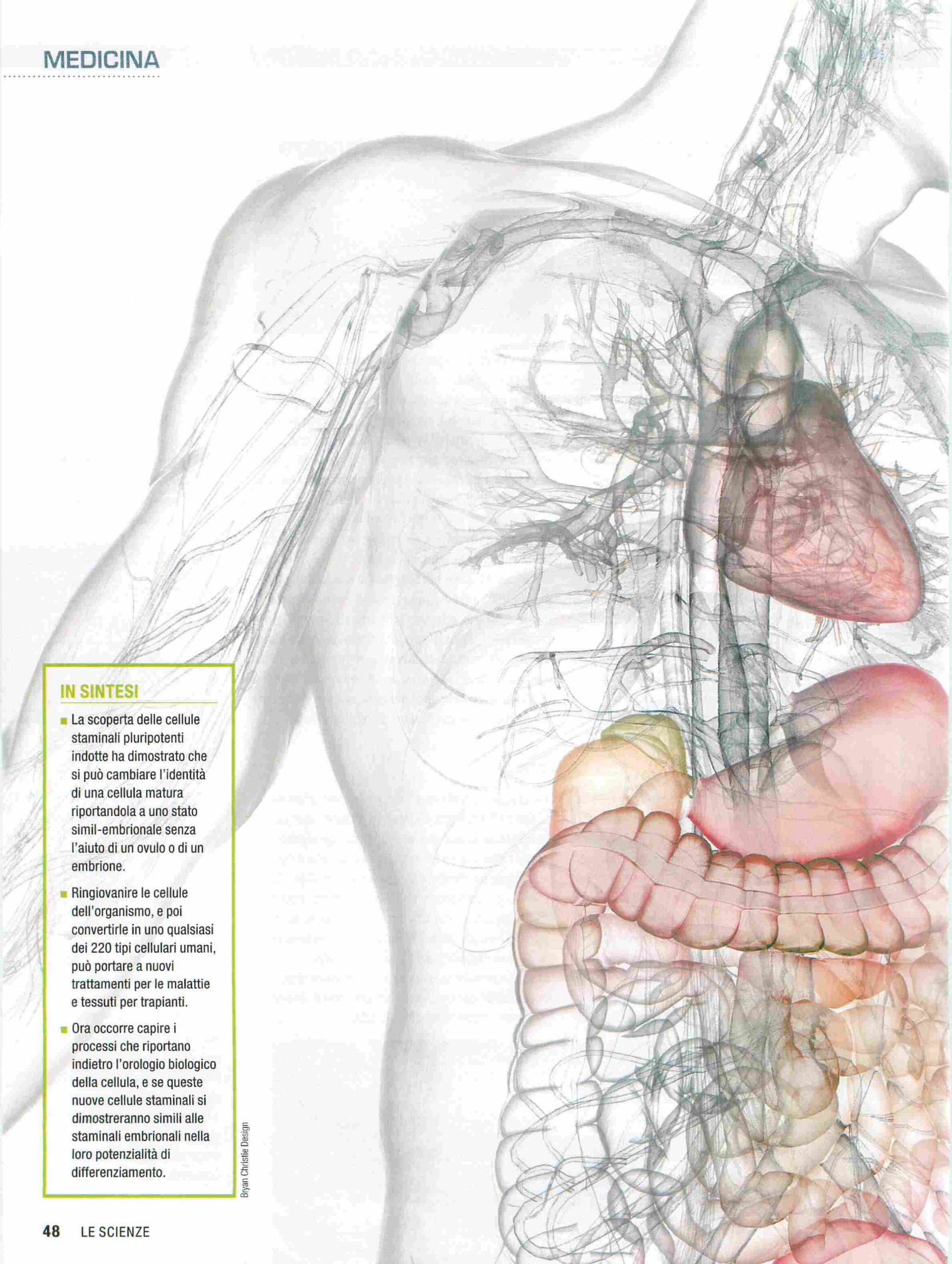
Analizzando invece come sono variate nel tempo criminalità e immigrazione, Wadsworth ha scoperto che le città in cui la popolazione immigrata è aumentata di più sono anche quelle in cui la criminalità è più diminuita. Considerando anche altri fattori, il sociologo ha concluso che l'immigrazione ha fatto calare del 9,3 per cento il tasso di omicidi e del 22,2 per cento quello delle rapine. Ciò si spiegherebbe con il fatto che molti immigrati provengono da società con forti valori morali e religiosi, e che, grazie alle loro famiglie estese, si integrano rapidamente nelle comunità. **(AlSa)**

MISURE ESTREME PER I GORILLA

Se oggi i 700 gorilla dei monti Virunga sono superprotetti, sia per la loro fama, dovuta alla diffusione della storia di Dian Fossey, sia perché, grazie ai turisti, sono la più importante sorgente di valuta estera del Ruanda, i loro 5000 cugini che vivono nelle foreste di pianura del Congo orientale si trovano in grave pericolo. A minacciarli è soprattutto il bracconaggio, legato alle scorribande nelle foreste dell'esercito congolese e di milizie di varie etnie, in cerca di *bushmeat*, carne di origine selvatica.
A peggiorare ulteriormente la situazione c'è poi la deforestazione illegale per ricavare minerali, legname pregiato e carbone di legna. Dopo vari attacchi al suo staff e la morte di un ranger, l'UNEP, l'agenzia dell'ONU per la protezione ambientale, sta organizzando come misura estrema di salvaguardia il trasferimento via elicottero di alcune famiglie di gorilla dalle zone più a rischio a una riserva protetta, a nord della città di Goma. I primi dieci giovani gorilla sono già stati evacuati, e pare si stiano adattando bene al loro nuovo rifugio. Presto ne seguiranno altri.
In questo modo si spera di evitare la prevista scomparsa del 90 per cento della popolazione di questi sfortunati primati entro il 2020. **(AlSa)**



© Prill Mediendesign & Fotografie/iStockphoto (*gorilla*); Christina Clouston/iStockphoto (*Yangtze*); AP Photo/Luca Bruno (*bambini*)



IN SINTESI

- La scoperta delle cellule staminali pluripotenti indotte ha dimostrato che si può cambiare l'identità di una cellula matura riportandola a uno stato simil-embrionale senza l'aiuto di un ovulo o di un embrione.
- Ringiovanire le cellule dell'organismo, e poi convertirle in uno qualsiasi dei 220 tipi cellulari umani, può portare a nuovi trattamenti per le malattie e tessuti per trapianti.
- Ora occorre capire i processi che riportano indietro l'orologio biologico della cellula, e se queste nuove cellule staminali si dimostreranno simili alle staminali embrionali nella loro potenzialità di differenziamento.

Bryan Christie Design

La cura che viene da dentro

Riprogrammare le cellule del nostro stesso corpo potrebbe dar loro il potenziale terapeutico delle cellule staminali embrionali. E senza controversie politiche

di Konrad Hochedlinger

Ricordo bene l'entusiasmo che provai quel mattino dell'autunno del 2006, quando, guardando dentro un microscopio nel mio laboratorio, vidi una colonia di cellule che sembravano proprio cellule staminali embrionali. Dopo essersi divise in una piastra per quasi tre settimane, ora formavano un piccolo mucchietto. E brillavano degli stessi marker fluorescenti considerati dagli scienziati uno dei segni della «pluripotenza» delle cellule embrionali, cioè, della loro capacità di dare origine a qualsiasi tipo di tessuto di un organismo. Solo che le cellule che stavo guardando non provenivano da un embrione: erano normali cellule adulte di topo, che apparivano ringiovanite grazie all'aggiunta di un semplice cocktail di geni.

Era davvero così facile riportare indietro l'orologio interno di una qualunque cellula di mammifero e farla tornare a uno stato embrionale? In quel periodo non ero il solo a chiedermelo. Shinya Yamanaka e i suoi colleghi, dell'Università di Kyoto, avevano pubblicato poco prima, nel mese di agosto, uno studio pionieristico che rivelava la loro formula per creare ciò che chiamavano «cellule staminali pluripotenti indotte» (iPSC) a partire da cellule epidermiche di topo. Erano anni che si tentava di capire e controllare l'enorme potenziale delle cellule staminali embrionali per produrre tessuti «su misura» da usare per scopi clinici e di ricerca. Ed erano anni che, contemporaneamente, si discuteva delle problematiche etiche e politiche, delle battute d'arresto della ricerca e

delle false speranze generate da «sensazionali scoperte» finite nel nulla. Chi si occupava di ricerca sulle cellule staminali era quindi sorpreso dal risultato del gruppo giapponese, per non dire un po' scettico. Ma quella mattina, in laboratorio, stavo guardando con i miei occhi i risultati della ricetta di Yamanaka.

Altri ricercatori sono riusciti a riprodurre il suo successo, e negli ultimi anni le tecniche per produrre e testare le iPSC sono state perfezionate e si sono diffuse rapidamente. Oggi sono migliaia, in ogni parte del mondo, gli scienziati che stanno lavorando per sviluppare il potenziale delle iPSC di aiutarci a comprendere e trattare patologie finora senza cura, come il diabete di tipo I, il morbo di Alzheimer e il morbo di Parkinson. Inoltre la possibilità di modificare l'identità delle cellule semplicemente integrando pochi geni selezionati ha cambiato il modo di pensare alla biologia dello sviluppo umano.

La scoperta di una «fonte della giovinezza», che permetta di evitare le conseguenze dell'invecchiamento e delle malattie, è un sogno vecchio quanto l'uomo: la capacità di riportare allo stato embrionale le cellule adulte è senza dubbio la cosa più vicina a quel sogno che sia mai stata realizzata. Questa tecnologia è però ancora all'inizio: molte domande importanti dovranno trovare una risposta prima di poter dire che le iPSC cambieranno la pratica della medicina nel XXI secolo, o anche solo per considerarle equivalenti alle più controverse cellule staminali embrionali.

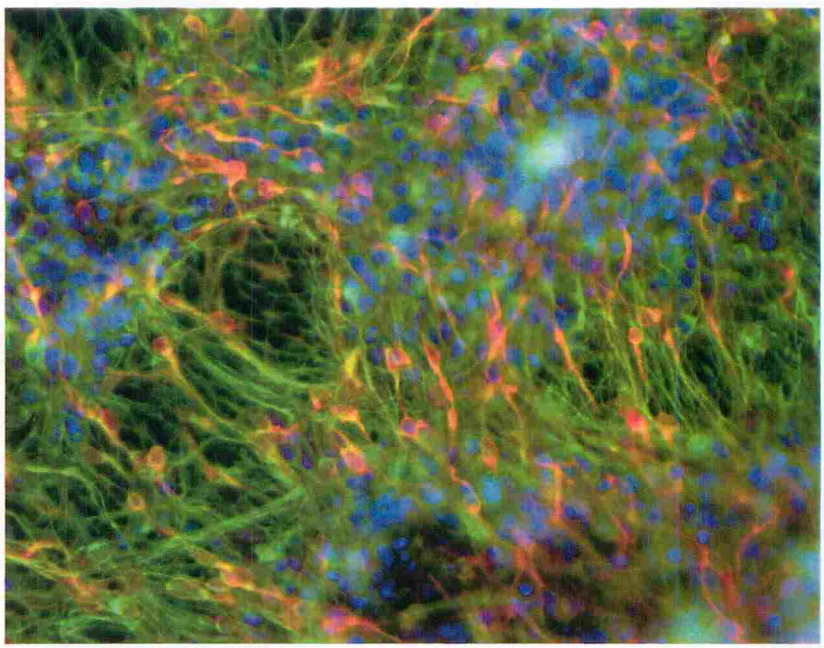
Potere primordiale

Per capire le speranze sollevate dalla scoperta delle iPSC dobbiamo ripartire da ciò che rende speciale l'embrione. Gli attuali studi su queste cellule si basano fondamentalmente sulle tecniche e i concetti sviluppati per le cellule embrionali negli ultimi trent'anni, in particolare per ciò che riguarda il fenomeno della pluripotenza.

Normalmente lo sviluppo dei mammiferi è una strada a senso unico. Nel corso del tempo, le cellule si specializzano e diventano meno versatili: è il cosiddetto differenziamento. Solo in una breve finestra temporale, nelle primissime fasi dello sviluppo, tutte le cellule hanno la capacità di trasformarsi in uno qualsiasi dei 220 tipi cellulari del corpo umano. Estrarre queste cellule e crescerle in coltura significa dare origine a cellule staminali embrionali. La pluripotenza è definita proprio dalla capacità delle vere cellule staminali embrionali di conservare la possibilità di generare ogni tipo di tessuto.

Nelle successive fasi dello sviluppo dell'embrione le cellule staminali sono già così specializzate da poter dare origine solo a specifiche famiglie di tipi cellulari, come quelle dei muscoli e delle ossa. Queste cellule sono perciò considerate «multipotenti», non più pluripotenti. Nell'adulto, tutto ciò che rimane di questi precursori sono le cosiddette cellule staminali adulte, che sostituiscono le cellule mature in un tessuto. Le cellule staminali ematopoietiche, per esempio, rigenerano continuamente i 12 diversi tipi cellulari immunitari e del sangue, e le cellule staminali della pelle sono responsabili della ricrescita della pelle e dei capelli nel giro di poche settimane.

Abbiamo sempre sognato di scoprire una «fonte della giovinezza» per evitare le conseguenze della vecchiaia e delle malattie



PROMESSA TERAPEUTICA

Alcuni neuroni (*sopra*) sono stati generati da cellule pluripotenti indotte prodotte a partire da cellule epidermiche di pazienti affetti dal morbo di Parkinson. La capacità di prendere una cellula matura, riportarla allo stato embrionale e poi convertirla nel tipo di tessuto desiderato permetterà di studiare l'origine di diverse malattie e di testare farmaci che bloccano il processo patologico, nonché di produrre tessuti di riserva sani, da usare nel trattamento delle malattie.

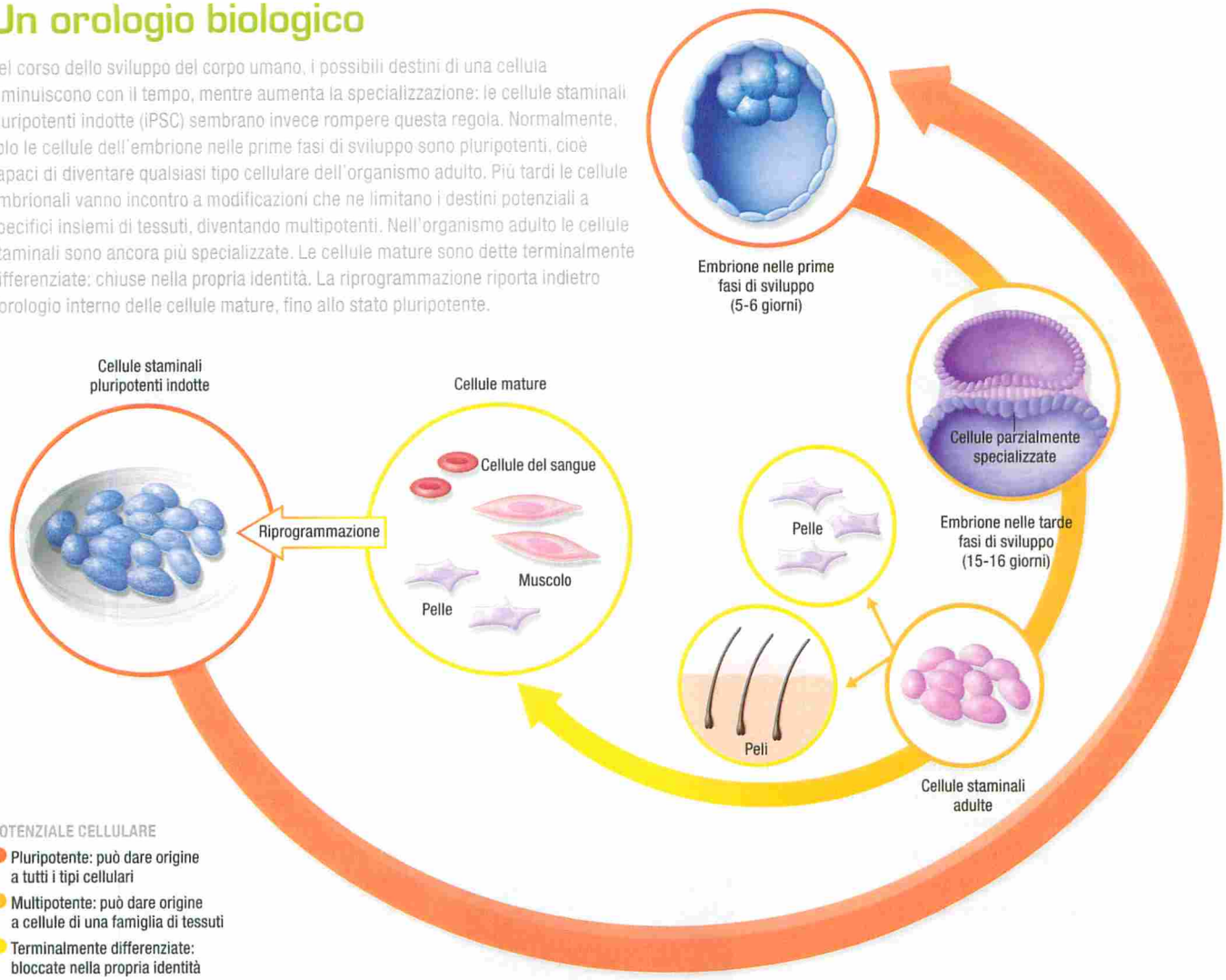
Nei mammiferi, c'è una cosa che non accade mai in condizioni normali: il dedifferenziamento di una cellula, cioè il ritorno verso un tipo più primitivo. L'unica eccezione a questa regola sono le cellule tumorali, che possono diventare meno differenziate del tessuto in cui appaiono. Sfortunatamente alcune cellule del cancro possono anche continuare a dividersi all'infinito, esibendo un'immortalità simile a quella delle cellule pluripotenti.

Fino a poco tempo fa, per riportare indietro le lancette dello sviluppo di una normale cellula adulta si faceva ricorso a complesse manipolazioni, inducendola a comportarsi come una cellula embrionale: è la riprogrammazione cellulare. L'approccio più vecchio per ottenere la riprogrammazione è il trasferimento nucleare da cellula somatica, o «clonazione», che implica l'iniezione del materiale genetico di una cellula adulta all'interno di un ovulo al quale è stato asportato il DNA. Questo ibrido DNA-ovulo si sviluppa in un em-

Cortesia di Hyesoo Kim e Lorenz Studer/Sloan-Kettering Institute

Un orologio biologico

Nel corso dello sviluppo del corpo umano, i possibili destini di una cellula diminuiscono con il tempo, mentre aumenta la specializzazione: le cellule staminali pluripotenti indotte (iPSC) sembrano invece rompere questa regola. Normalmente, solo le cellule dell'embrione nelle prime fasi di sviluppo sono pluripotenti, cioè capaci di diventare qualsiasi tipo cellulare dell'organismo adulto. Più tardi le cellule embrionali vanno incontro a modificazioni che ne limitano i destini potenziali a specifici insiemi di tessuti, diventando multipotenti. Nell'organismo adulto le cellule staminali sono ancora più specializzate. Le cellule mature sono dette terminalmente differenziate: chiuse nella propria identità. La riprogrammazione riporta indietro l'orologio interno delle cellule mature, fino allo stato pluripotente.



brione dal quale si possono poi estrarre le cellule staminali pluripotenti.

Sin dalla clonazione della pecora Dolly nel 1997, passando per l'isolamento di cellule staminali embrionali umane nel 1998, il trasferimento nucleare ha ricevuto molta attenzione come possibile tecnica per la produzione di staminali pluripotenti su misura, destinate a sostituire ogni tessuto danneggiato o malato. Sembra che ci siano fattori interni all'ovulo, poco conosciuti, in grado di ringiovanire il materiale genetico della cellula donatrice adulta: persino i telomeri, i «tappi» che proteggono le estremità dei cromosomi e si accorciano con l'età, vengono riportati a uno stato giovanile. Tuttavia, nonostante i progressi ottenuti negli animali, i tentativi di produrre cellule staminali embrionali con la clonazione sono falliti.

Yamanaka e il suo gruppo sono usciti da questo stallo con un nuovo approccio, senza l'uso di ovuli o embrioni. Invece di introdurre materiale genetico adulto in un ovulo, hanno pensato che introdurre in una cellula adulta i geni normalmente attivi solo nell'embrione sarebbe stato sufficiente a riprogrammare la cellula riportandola a uno stadio simil-embrionale.

Il primo passo è stato l'identificazione di un cocktail di oltre una ventina di geni attivi nelle cellule pluripotenti ma silenti in quelle adulte. Una volta introdotti in cellule della pelle usando come vettore un retrovirus, questi geni hanno riprogrammato quasi per magia l'identità delle cellule, facendole diventare pluripotenti. Poi, eliminando a uno a uno i geni dall'originale mix di 24, Yamanaka ha identificato i quattro geni necessari per produrre le iPSC: *Oct4*, *Sox2*, *Klf4* e *c-Myc*.

Dopo che numerosi laboratori indipendenti, tra cui il mio, sono riusciti a riprodurre i risultati, quella «magia» è diventata una realtà biologico. Al momento sono stati riprogrammati e fatti diventare iPSC circa una dozzina di diversi tipi cellulari adul-

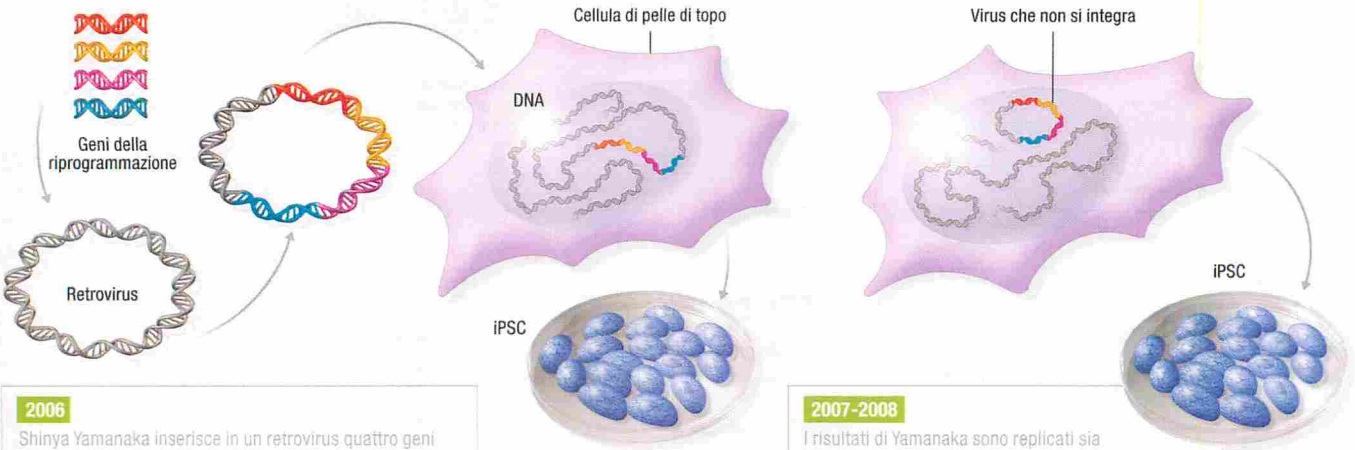
CLONAZIONE

Il trasferimento del DNA di una cellula matura nell'ovulo è un altro metodo per riprogrammare le cellule adulte, riportandole allo stato embrionale. Finora i tentativi di derivare cellule staminali embrionali da embrioni umani clonati sono falliti per ragioni ancora non chiarite.

Tanvi Tolpa (*illustrazioni*); Philippe Psaila/Photo Researchers, Inc. (*trasferimento nucleare*)

Rapidi progressi verso il ringiovanimento cellulare sicuro

Quattro anni fa, ricercatori giapponesi hanno dimostrato che un insieme di geni veicolati da un retrovirus può trasformare le cellule della pelle di un topo adulto in cellule staminali pluripotenti. Da allora, molti altri ricercatori hanno ottenuto lo stesso risultato in cellule animali e umane, e hanno lavorato per raggiungere lo stesso obiettivo in modo più semplice, sicuro ed efficiente: passaggi cruciali per rendere possibile la terapia.



2006

Shinya Yamanaka inserisce in un retrovirus quattro geni normalmente attivi negli embrioni, e inietta il retrovirus in una cellula di pelle di topo. Il virus inserisce i geni nel DNA del topo, che inizia a riprogrammare le cellule della pelle, facendole diventare cellule staminali pluripotenti «indotte» (iPSC).

2007-2008

I risultati di Yamanaka sono replicati sia in cellule murine sia in cellule umane. Si dimostra sperimentalmente che le iPSC sono prodotte anche quando i quattro geni delle riprogrammazione vengono veicolati da virus che non si integrano permanentemente nel DNA cellulare.

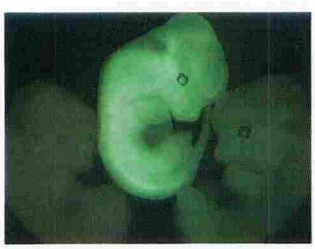
ti in quattro specie (topo, uomo, ratto e scimmia), e sicuramente ne seguiranno altri. La scoperta delle iPSC è molto importante per i ricercatori, perché aggira le complicazioni tecniche della clonazione ed evita gran parte dei vincoli legali ed etici associati alla ricerca sugli embrioni umani.

Anche questo nuovo tipo di cellula pluripotente, però, ha i suoi problemi. Attualmente, una parte importante della ricerca riguarda i controlli di qualità e sicurezza, mentre si lavora per capire che cosa sono davvero queste cellule e che cosa sono in grado di fare.

Crisi d'identità

Per quanto le colonie di iPSC, viste al microscopio, possano sembrare simili alle cellule staminali embrionali, ed esibiscano i marker molecolari associati alle cellule pluripotenti, la dimostrazione certa della loro pluripotenza può venire solo dalla funzionalità: sono in grado di fare tutte le cose che, per definizione, possono essere fatte dalle cellule pluripotenti? Perfino all'interno delle colonie di cellule embrionali si trovano cellule fasulle che non hanno la pluripotenza delle vere staminali embrionali. Per questa ragione, sono stati sviluppati diversi protocolli per stabilire la pluripotenza di una cellula.

Con rigore via via crescente, questi test indagano prima la capacità delle cellule staminali di produrre *in vitro* un'ampia varietà di tipi cellulari dell'organismo quando sono esposte ai giusti segnali dello sviluppo; poi la capacità delle cellule staminali di produrre un teratoma (un tipo di tumore che contiene cellule provenienti da tutte le linee cellulari embrionali) se iniettate sotto la pelle di un topo; e, da ultimo, la capacità, se iniettate nell'embrione precoce di topo, di contribuire allo sviluppo di tutti i tessuti dell'individuo adulto, comprese le cellule germinali.



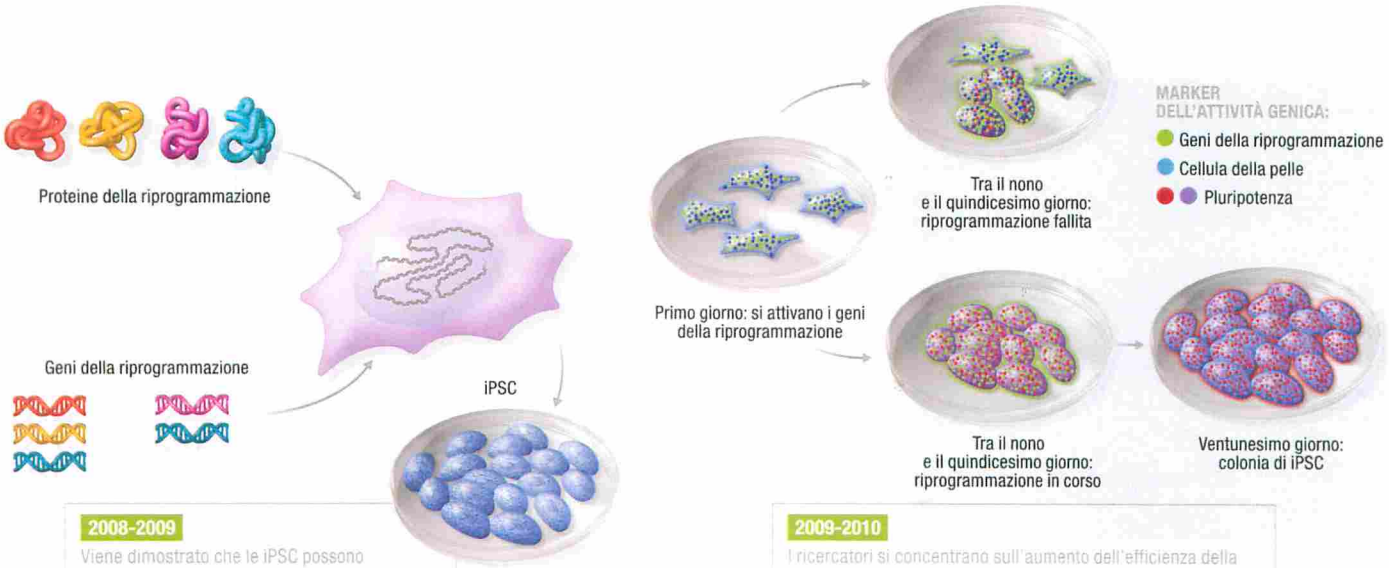
IL VERO POTENZIALE DELLE CELLULE

I test di laboratorio per dimostrare la vera pluripotenza delle cellule staminali mirano a dimostrare la capacità di queste cellule di dare origine a ogni tipo di tessuto dell'organismo. Se iniettate in un embrione di topo all'inizio dello sviluppo, per esempio, le cellule pluripotenti evidenziate da un marcatore fluorescente dovrebbero integrarsi in tutto il corpo del topo che si sta sviluppando (*in verde brillante, sopra*). Trovare metodi alternativi per verificare la pluripotenza delle iPSC umane è una meta importante per la ricerca.

Mentre generalmente le cellule staminali embrionali superano tutti questi test, molte iPSC non ce la fanno. L'esame dettagliato delle cellule che falliscono ha mostrato che spesso i virus usati come vettori per inserire i quattro geni della riprogrammazione nelle cellule dell'epidermide non sono correttamente silenziati, mentre importanti geni nel DNA originale delle cellule non sono attivati correttamente: le cellule finiscono per perdere la loro identità di cellule della pelle, senza però acquisire un'identità pluripotente. Solo parzialmente riprogrammate, queste cellule non possono essere definite autentiche cellule pluripotenti.

Attualmente la ricerca sulle iPSC che passano l'esame della pluripotenza sono orientate a evidenziare le differenze che distinguono le iPSC buone da quelle cattive. Thorsten Schlaeger, George Daley e i loro colleghi di Harvard, per esempio, hanno recentemente identificato un pattern di

Tami Tolpa (*illustrazione*); cortesia Alexander Meissner/Harvard University e Marius Wernig/Stanford University (*embrione di topo*)



2008-2009

Viene dimostrato che le iPSC possono essere ottenute usando retrovirus che portano solo tre geni della riprogrammazione, e poi anche solo due di questi geni, o anche solo introducendo nelle cellule le proteine codificate dai quattro geni.

2009-2010

I ricercatori si concentrano sull'aumento dell'efficienza della procedura, identificando i pattern di attivazione genica (rivelati da marcatori fluorescenti) che caratterizzano le cellule che si tramuteranno con successo in iPSC. I marker di identificazione delle cellule della pelle e dei geni della riprogrammazione vengono sostituiti da marker di pluripotenza.

attività genica nelle cellule della pelle durante il lungo processo (che dura più di tre settimane) di cambiamento della propria identità verso la pluripotenza. I marcatori fluorescenti esibiti da queste cellule durante la transizione le distinguono dalle cellule della stessa colonia che alla fine non diventeranno iPSC, e quindi questo insieme di indicatori può essere usato come indizio precoce di una conversione riuscita.

Poiché evidenti ragioni di etica vietano di condurre i test più rigorosi sulla pluripotenza iniettando le iPSC umane in embrioni umani, è fondamentale assicurarsi che le iPSC soddisfino tutti gli altri criteri di pluripotenza, tra cui il completo silenziamento dei virus potenzialmente dannosi impiegati come vettori per i geni della riprogrammazione. Il gruppo di Yamanaka, per esempio, ha scoperto che un terzo dei topi generati iniettando le iPSC negli embrioni murini ha sviluppato tumori a causa di una residua attività retrovirale.

Uno dei problemi principali nell'usare i retrovirus come vettori per i geni è che questo tipo di virus (di cui fa parte anche l'HIV) si integra direttamente nel DNA della cellula ospite, diventando parte del suo genoma. Questa capacità rende permanenti i geni aggiunti, che rimangono attivi nella cellula, ma a seconda del sito di inserzione del virus può anche causare un danno al DNA, producendo una mutazione di natura tumorale nella cellula. Nel tentativo di creare iPSC più sicure, quindi, molti laboratori hanno sviluppato metodi che evitano la manipolazione genetica permanente delle cellule.

Il mio gruppo di ricerca ha usato un adenovirus modificato, il virus che normalmente causa il raffreddore negli esseri umani, come vettore per i quattro geni della riprogrammazione, in modo che venissero introdotti nelle cellule di topo senza integrarsi nel genoma cellulare. L'adenovirus resiste dentro le cellule solo per un breve periodo: quel tanto che basta per convertirle in iPSC. Le cellule pluripotenti ottenute sono state poi iniettate in embrioni murini, e si sono rapidamente integrate negli animali che si stavano sviluppando: nessuno di loro ha sviluppato tumori. Insieme a numerosi altri approcci alternativi per produrre iPSC senza virus, questa scoperta, dovrebbe eliminare uno dei principali ostacoli sulla strada della futura applicazione di queste cellule nelle terapie umane. L'obiettivo è produrre iPSC senza usare alcun virus, ottenendole semplicemente esponendo le cellule adulte a una combinazione di farmaci che imiti l'effetto dei geni della riprogrammazione.

Sheng Ding, dello Scripps Research Institute, e Douglas A. Melton, della Harvard University, insieme ad altri colleghi, hanno già identificato molecole che possono sostituire ognuno dei quattro geni della riprogrammazione, attivando i proces-

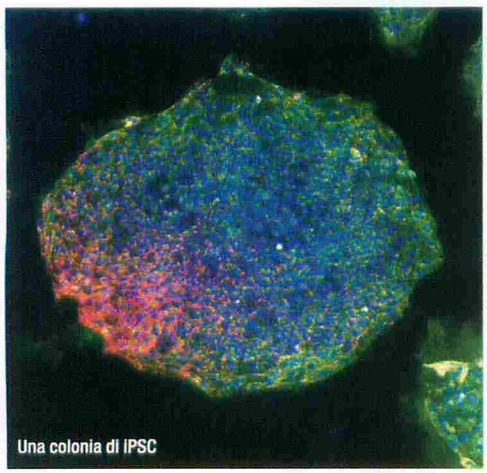
L'AUTORE

KONRAD HOCHEDLINGER è professore associato di biologia rigenerativa e delle cellule staminali alla Harvard University e membro dell'Harvard Stem Cell Institute e dell'Howard Hughes Medical Institute. I suoi studi riguardano la comprensione della biologia delle cellule staminali pluripotenti e della riprogrammazione cellulare, e il loro potenziale terapeutico. È anche consigliere scientifico dell'iPierian, un'azienda biofarmaceutica che sta sviluppando prodotti a partire dalle cellule staminali.

Cortesia Sam Riley/Massachusetts General Hospital

CELLULE SU MISURA CONTRO LE MALATTIE

La capacità di trasformare le cellule delle pelle o del sangue di un paziente in qualsiasi altro tipo di cellula potrebbe curare le malattie in due modi: nel prossimo futuro, permettendo agli scienziati di avere un modello di malattia per testare i farmaci in provetta e, forse tra una decina d'anni, riparando e sostituendo i tessuti malati.



Una colonia di iPSC

APPLICAZIONE	STATUS
MODELLI DI MALATTIE Le iPSC derivate da un paziente vengono convertite nelle cellule del tessuto aggredito dalla malattia, studiandone l'evoluzione e la risposta ai farmaci in quelle cellule.	■ Le iPSC umane sono già state usate per generare 14 tipi di tessuto, tra cui le cellule relative a malattie che vanno dal morbo di Parkinson al diabete. ■ I sintomi dell'atrofia muscolare spinale e della disautonomia familiare sono stati «curati» nelle colture cellulari.
TERAPIA CELLULARE Le iPSC derivate da una persona vengono convertite in cellule sane per essere trapiantate nella stessa persona.	■ Tra non meno di dieci anni. ■ Neuroni derivati dalle iPSC sono stati trapiantati in ratti per trattare una versione murina del Parkinson. ■ Sono state derivate dalle iPSC cellule progenitrici degli elementi del sangue, i cui geni per l'anemia falciforme sono stati modificati e resi innocui, curando la malattia nei topi.

si di interazione molecolare interni alla cellula che normalmente sono attivati dal gene. Provate tutte insieme, tuttavia, queste molecole si sono dimostrate insufficienti a rendere pluripotenti le cellule. Potrebbe però essere solo una questione di tempo prima che si riesca a trovare il giusto cocktail e le giuste concentrazioni di molecole per riprogrammare le cellule dell'organismo in iPSC senza dover usare i virus.

Curare le cellule?

Le cellule pluripotenti sono capaci di rigenerare ogni tipo di tessuto nell'organismo, quindi l'applicazione che più colpisce l'immaginazione del pubblico è la possibilità di riprodurre pezzi di ricambio per cellule e organi danneggiati dalle malattie: neuroni persi a causa del Parkinson o per una lesione del midollo spinale, per esempio, o il tessuto cardiaco distrutto da un attacco di cuore. La capacità di convertire in pluripotenti le cellule adulte del paziente che dovrebbe ricevere il trapianto, e quindi tramutare queste cellule nel tessuto desiderato, significherebbe una perfetta corrispondenza genetica e immunologica delle parti di ricambio con l'organismo ricevente. Inoltre, si potrebbero usare le cellule della pelle, facilmente ottenibili, per produrre ogni tipo di cellula, anche quelle di tessuti difficili da raggiungere come il cervello o il pancreas.

Questa tecnica offre inoltre la possibilità di riparare le mutazioni genetiche patogene prima di reintrodurre le nuove cellule, un approccio usato con le cellule staminali adulte che naturalmente rigenerano alcuni tessuti. I successi però sono stati modesti, perché questi precursori sono notoriamente difficili da crescere al di fuori dell'organismo. Recenti studi condotti sui topi sembrano indicare che trattare le malattie genetiche in questo modo con le iPSC è realmente fattibile. In particolare nel 2007 Rudolf Jaenisch, del Massachusetts Institute of Technology, ha dimostrato in un modello animale che le iPSC possono curare l'anemia falciforme.

QUESTIONI DI ETICA

Iniettare le iPSC in un embrione di topo in fase di sviluppo produce un animale chimerico in cui il colore misto della pelliccia rivela la presenza di cellule estranee (*sopra*). In teoria la medesima tecnica potrebbe produrre un embrione umano chimerico; sempre in teoria, le iPSC potrebbero generare sperma e ovuli per produrre un embrione umano attraverso la tradizionale fertilizzazione *in vitro*. La pluripotenza delle iPSC potrebbe quindi sollevare alcune delle stesse questioni etiche poste dalla ricerca sugli embrioni umani.

Questa malattia è causata da una singola mutazione genetica che fa sì che i globuli rossi assumano una forma a mezzaluna. In questo studio, volto a mostrare la fattibilità dell'intervento, il primo passo è stato la riprogrammazione delle cellule della pelle del topo, facendole diventare iPSC. In queste cellule il gene patogeno è stato sostituito con la sua versione normale, spingendo poi le iPSC «riparate» a svilupparsi in cellule staminali ematopoietiche. Dopo il trapianto nel topo anemico, i precursori sani hanno prodotto globuli rossi normali. In teoria questo metodo potrebbe essere applicato a ogni altra malattia umana causata da una mutazione conosciuta.

La domanda da un milione di dollari è quanto tempo ci vorrà prima che le iPSC possano essere sfruttate per curare le persone. Per le ragioni già accennate, controllo e sicurezza sono assolutamente essenziali prima di poter testare negli esseri umani le cellule derivate dalle iPSC. Le attuali strategie per spingere le cellule staminali embrionali o le iPSC verso tipi cellulari maturi completamente differenziati non sono ancora in grado di eliminare ogni cellula staminale immatura, che potrebbe dare origine a un tumore.

Cortesia William Collins Deepak/Srivastava Lab, Gladstone Institute of Cardiovascular Disease (*iPSC*); Cortesia Konrad Hochedlinger e Matthias Stadtfeld Massachusetts General Hospital (*topo*)

Un esempio che evidenzia il problema è un recente esperimento di trapianto di neuroni dopaminergici (le cellule distrutte nei malati di morbo di Parkinson) derivati da iPSC in ratti affetti da una versione della malattia umana. Per quanto i ratti abbiano evidentemente beneficiato del trapianto, alcuni degli animali hanno poi sviluppato dei teratomi nel cervello.

Alla luce del ritmo sostenuto delle scoperte, tuttavia, è ottimistico ma non irragionevole pensare che questi ostacoli verranno superati nel prossimo decennio, rendendo possibile la sperimentazione nell'uomo del trapianto di cellule derivate da iPSC.

Le iPSC potrebbero comunque mostrare il loro valore terapeutico molto prima. Lo studio e il trattamento di molte malattie degenerative dei tessuti, come il diabete di tipo I, l'Alzheimer e il Parkinson, sono infatti limitati dalla difficoltà di ottenere tessuti malati per studiarli, o per crescerli in coltura per periodi lunghi: le iPSC sarebbero di enorme aiuto per creare modelli sperimentali delle malattie umane.

L'idea è di derivare iPSC dalla pelle o dal sangue di pazienti, convertendole poi nei tipi cellulari colpiti dalla malattia. Clive N. Svendsen, dell'Università del Wisconsin a Madison, e Lorenz Studer, dello Sloan-Kettering Institute, hanno recentemente derivato iPSC dalle cellule di pazienti affetti da due malattie devastanti, rispettivamente l'atrofia muscolare spinale e la disautonomia familiare. Quando le iPSC sono state trasformate nei tipi cellulari colpiti dalle malattie, le cellule in coltura hanno sviluppate tutte le anomalie, come accade nei pazienti.

Questo processo può consentire lo sviluppo di una malattia in provetta, con il vantaggio di avere una fornitura potenzialmente infinita di nuove cellule, perché le iPSC originali possono essere mantenute per un tempo indefinito. Lo scopo ultimo dei ricercatori, sia nell'accademia sia nelle industrie farmaceutiche, è di usare questi modelli *in vitro* per migliorare la comprensione dei processi patologici e per identificare nuovi farmaci per trattare le malattie.

Questo impiego estremamente promettente delle iPSC non è per nulla remoto: quando Svendsen e Studer hanno esposto nei loro studi le colture cellulari ai farmaci sperimentali, i «sintomi» della malattia sono parzialmente regrediti. Ora questo principio può essere applicato a molte altre patologie per le quali ancora non esiste un trattamento e, diversamente dal trapianto di cellule in un paziente, può dare origine a farmaci che portino benefici a milioni di persone.

Sfide e speranze

Le iPSC aggirano in modo evidente alcune delle controversie etiche e legali che circondano le cellule embrionali. Tuttavia la loro pluripotenza deve ancora essere compresa o controllata appieno, e quindi le cellule staminali embrionali rappresentano ancora lo standard di riferimento per qualsiasi tipo cellulare pluripotente.

Rimangono importanti questioni irrisolte, tra cui un problema pratico: la conversione delle cellule dell'organismo in iPSC, e la conversione delle iPSC in cellule terapeuticamente significative, sarà mai abbastanza efficiente per un uso su larga scala? Inoltre, rimane insoluto il problema del «ricordo» che le iPSC potrebbero mantenere del tipo cellulare di origine. Questo fattore potrebbe limitare la loro capacità di essere convertite in tutte gli altri tipi di cellule. Abbiamo acquisito una certa conoscenza dei meccanismi che regolano il cambiamento da una cellula matura a una cellula pluripotente, ma il processo di riprogrammazione, cioè come pochi geni siano in grado di ristrutturare l'intero programma di una cellula matura in quello di una embrionale, è ancora in gran parte un mistero.

Per affrontare questi interrogativi sarà necessario continuare a usare le cellule embrionali come riferimento, e confrontare l'efficacia delle cellule staminali embrionali con quella delle iPSC nelle diverse applicazioni. Inoltre, poiché sono vere cellule pluripotenti, le iPSC potrebbero sollevare problemi etici simili a quelli delle cellule embrionali, perché almeno in teoria le iPSC potrebbero essere usate per generare embrioni umani (*si veda il box in basso nella pagina a fronte*).

Tuttavia, da un punto di vista scientifico, negli ultimi anni lo sviluppo del campo della riprogrammazione cellulare è stato stupefacente. I progressi nella clonazione e, più tardi, la scoperta delle iPSC, hanno confutato il vecchio dogma dell'irreversibilità del destino cellulare dopo il differenziamento. Entrambe le tecniche hanno aperto la possibilità di modificare l'identità di una cellula adulta in un qualsiasi tipo di tessuto, semplicemente grazie alla manipolazione di pochi interruttori genetici. Comprendere i meccanismi di questa riprogrammazione stimolerà e terrà occupati i ricercatori per gli anni a venire.

Solo il tempo ci dirà se le iPSC e le relative tecnologie diventeranno la moderna fonte della giovinezza. Secondo me, è possibile. Le iPSC continueranno certamente a influenzare l'approccio allo studio e al trattamento di molte malattie gravi, e potenzialmente rivoluzionare la medicina del XXI secolo come hanno fatto i vaccini e gli antibiotici nel secolo scorso. ■

Cortesia Cellular Dynamics International, Inc.

iPSC IN VENDITA

Il primo prodotto derivato da iPSC umane a essere commercializzato, una linea di cellule cardiache chiamata iCell Cardiomyocytes, è destinato a essere usato dalle case farmaceutiche per testare gli effetti di potenziali farmaci per il cuore.

➥ Letture

Induction of pluripotent stem cells from mouse embryonic and adult fibroblast cultures by defined factors. Takahashi K. e Yamanaka S., in «Cell», Vol. 126, pp. 663-676, agosto 2006.

Epigenetic reprogramming and induced pluripotency. Hochedlinger K. e Plath K., in «Development», Vol. 136, pp. 509-523, febbraio 2009.

Induced pluripotent stem cells and reprogramming: seeing the science through the hype. Belmonte, J.C., Ellis J., Hochedlinger K. e Yamanaka S., in «Nature Reviews Genetics», Vol. 10, pp. 878-883, ottobre 2009.

Con gli occhi dei neutrini

Queste particelle sfuggenti non sono più soltanto un oggetto di studio dei fisici, ma uno strumento pratico per gli astronomi

di Graciela B. Gelmini, Alexander Kusenko e Thomas J. Weiler

IN SINTESI

- I neutrini forniranno agli astronomi una capacità visione a raggi X molto migliore rispetto a oggi. I neutrini sono infatti le particelle subatomiche meno reattive, perciò attraversano la materia rivelando il nucleo delle stelle e altri luoghi del cosmo fondamentali ma nascosti.
- Purtroppo, la stessa proprietà che rende così utili i neutrini implica che viaggino senza essere intercettati dai rivelatori. Solo quest'anno gli strumenti hanno raggiunto la sensibilità sufficiente a rilevare sorgenti cosmiche in modo affidabile.
- I neutrini si presentano in diverse varietà, e possono mutare durante il viaggio. Questa proprietà fornisce ulteriori informazioni sulla loro origine celeste.

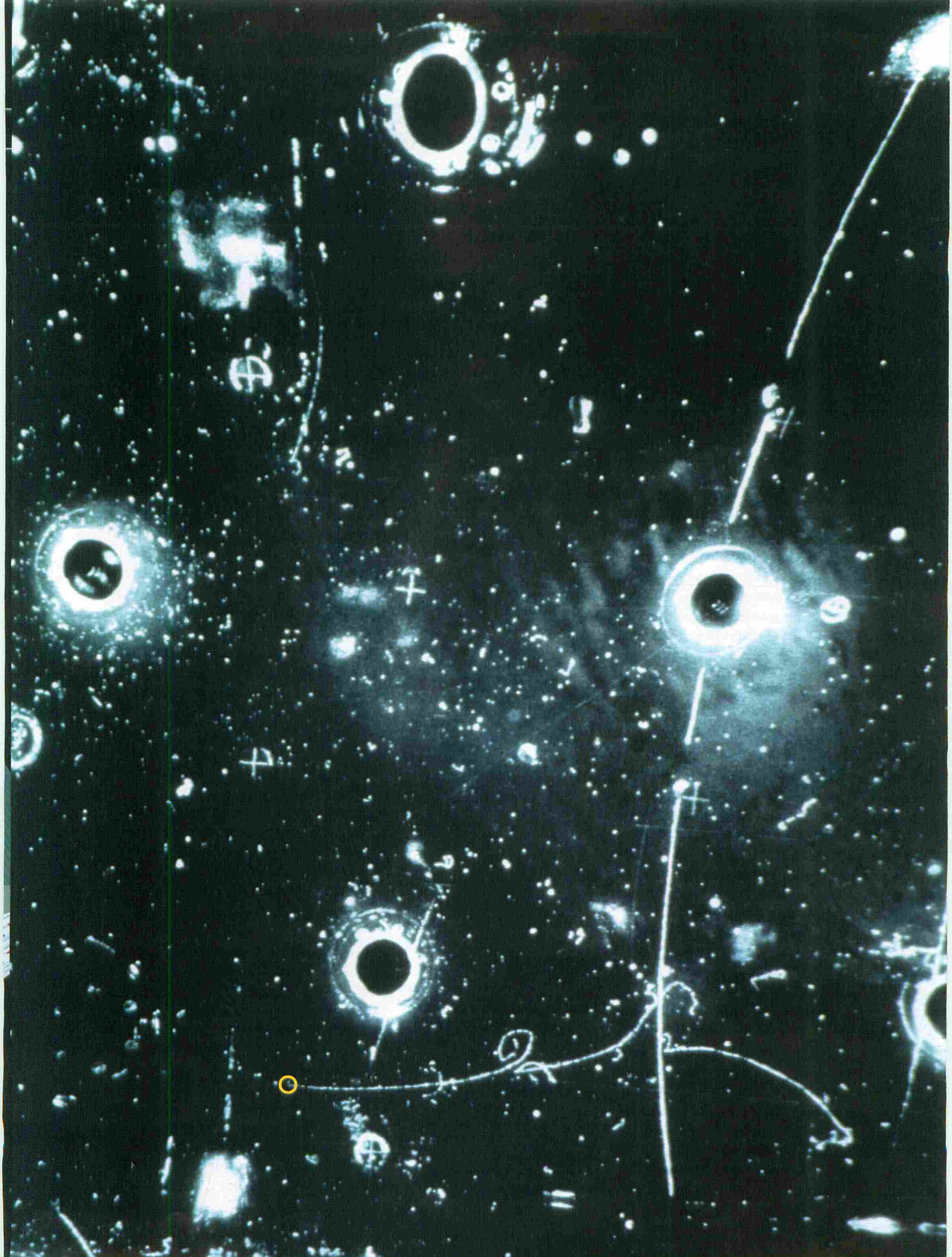
Quando nel 2002 la Fondazione Nobel assegnò il premio per la fisica a Ray Davis e Masatoshi Koshiba, avrebbe potuto citare uno qualsiasi dei loro numerosi risultati. Davis era diventato famoso per la rilevazione dei neutrini solari (si trattava dei primi neutrini, particelle notoriamente sfuggenti, di cui si era identificata la provenienza spaziale) mentre Koshiba aveva scoperto i neutrini prodotti dalla supernova esplosa nel 1987. Il loro lavoro aveva stabilito che i neutrini hanno una massa, anche se ridotta, e non ne sono privi come invece sosteneva la teoria. Ma la Fondazione Nobel premiò Davis e Koshiba soprattutto per aver inaugurato un nuovo campo della scienza: l'astronomia dei neutrini.

Grazie al loro lavoro, i neutrini si sono trasformati da scoperta teorica in utile mezzo per sondare l'universo. Oltre a studiare i neutrini per capire le proprietà delle particelle, ora gli scienziati possono usarli per svelare alcuni misteri dell'universo. Con un'impresa analoga alla costruzione, un secolo fa, dei grandi telescopi ottici, gli astronomi hanno realizzato imponenti telescopi a neutrini alla ricerca di nuove meraviglie. Questi osservatori hanno già catturato decine migliaia di neutrini, grazie ai quali si sono realizzate immagini del Sole. È difficile distinguere tra i neutrini provenienti da sorgenti cosmiche e i neutrini prodotti nell'atmosfera superiore, ma entro un anno gli strumenti dovrebbero risolvere questo problema.

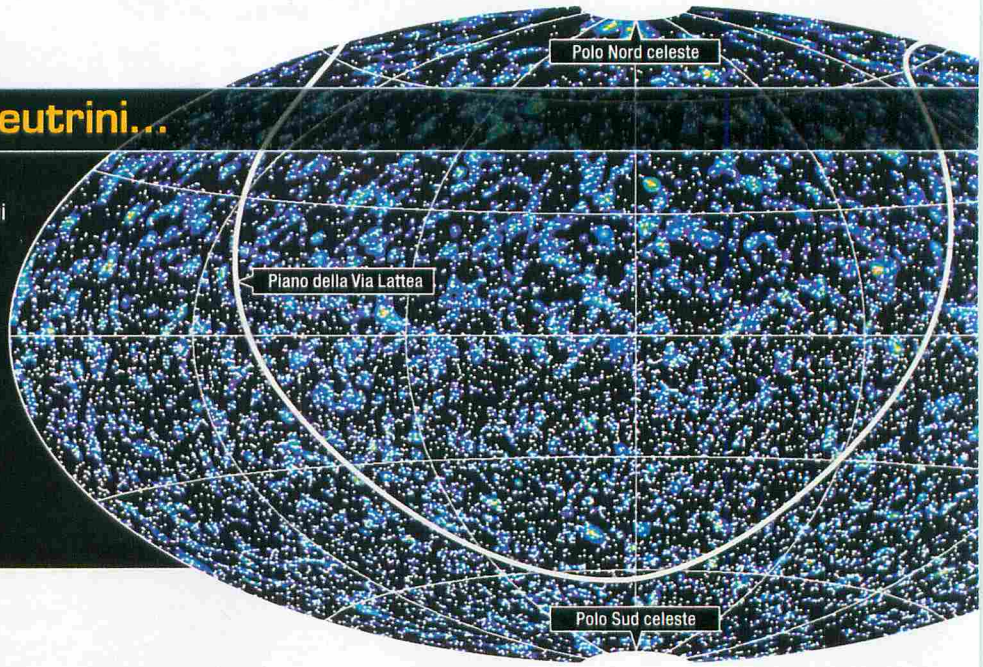
A quel punto si aprirà un enorme filone di scoperte, e una particella un tempo considerata non osservabile potrebbe diventare indispensabile, visto che i neutrini possono rivelare oggetti invisibili alla luce. Quando studiamo il Sole con la luce ne osserviamo solo la superficie, cioè lo strato superiore gassoso spesso poche centinaia di chilometri. Sebbene l'energia che alimenta il Sole derivi da reazioni nucleari interne, la luce solare viene assorbita e riemessa miliardi di volte dagli strati gassosi che si trovano tra il nucleo e la superficie, e solo nelle vicinanze della superficie viaggia liberamente nello spazio. Con i neutrini, invece, osserviamo direttamente la fusione nucleare centrale, cioè osserviamo l'uno per cento più interno e più caldo del volume del Sole. I neutrini generati nel nucleo attraversano gli strati esterni del Sole quasi come se si trattasse di spazio vuoto.

UN NEUTRINO INVISIBILE ENTRA IN UNA CAMERA A BOLLE da sinistra e urta un elettrone (*cerchiato in giallo*) facendogli compiere un percorso tortuoso (*linea contorta*). Questa immagine, ottenuta nel 1972 con la camera a bolle Gargamelle del CERN, aiutò a validare il modello standard della fisica delle particelle e creò il presupposto per l'uso dei neutrini in astronomia.

Cortesia CERN



Se avessi gli occhiali a neutrini...



IL CIELO NEI NEUTRINI

Con simili occhiali, il cielo somiglierebbe all'immagine qui accanto, realizzata tra aprile 2008 e maggio 2009 dall'osservatorio IceCube, costruito a metà. I quasi 20.000 neutrini (*punti*) provengono sia dal cosmo sia dall'atmosfera superiore della Terra; sottraendo la produzione stimata di neutrini atmosferici, si ottiene un'approssimazione del segnale cosmico (*colorato*). Quando verrà completato, IceCube sarà in grado di identificare sorgenti astronomiche senza ambiguità. L'osservatorio punta sia il cielo settentrionale sia quello meridionale, perché la Terra è quasi trasparente a tutti i neutrini a eccezione di quelli con energia più grande.

I neutrini ci permetteranno anche di scrutare all'interno delle supernove, in altre esplosioni stellari come le esplosioni di raggi gamma e nei dischi che ruotano intorno ai buchi neri supermassici. Gli osservatori attualmente in costruzione dovrebbero scoprire una supernova all'anno nelle circa 50 galassie più vicine e alcune delle centinaia di esplosioni di raggi gamma che avvengono ogni anno, per non parlare di oggetti ancora più esotici che altrimenti verrebbero ignorati. Ma, come tutti gli strumenti potenti, il neutrino richiede un minimo di abitudine all'uso. È necessario che gli astronomi affrontino la ricerca in modo nuovo.

I vantaggi dell'asocialità

Per un fisico delle particelle, un neutrino è simile a un elettrone, tranne per il fatto che non ha carica elettrica. Questa proprietà rende il neutrino immune alle forze elettriche e magnetiche che dominano la realtà quotidiana. Quando siamo seduti, la repulsione elettrica ci impedisce di cadere attraverso la sedia. Quando gli elementi chimici reagiscono, scambiano o condividono elettroni. In un materiale che assorbe o riflette la luce, particelle cariche reagiscono a un campo elettromagnetico oscillante. I neutrini, invece, sono elettricamente neutri e attraversano la materia, non hanno alcun ruolo nella fisica degli atomi e delle molecole e sono quasi del tutto invisibili.

I tipi di neutrino che conosciamo partecipano alla forza nucleare debole responsabile sia del decadimento radioattivo beta sia della fusione degli elementi più pesanti. Ma questa forza, come suggerisce il nome, è trascurabile, se non a distanze estremamente brevi, quindi i neutrini interagiscono poco o nulla con le altre particelle. Per rilevarli, fisici e astronomi devono monitorare grandi volumi di materia, sperando nelle rare occasioni in cui un neutrino lascia una traccia. Se, come prevedono gli astronomi, i neutrini cosmici tutti insieme hanno la stessa energia dei raggi cosmici (cioè dei protoni e degli ioni che bombardano il pianeta) occorre un chilometro cubo di materiale per intercettarne un campione sufficiente. Gli osservatori più grandi si stanno avvicinando a queste dimensioni (*si veda il box a pp. 60-61*).

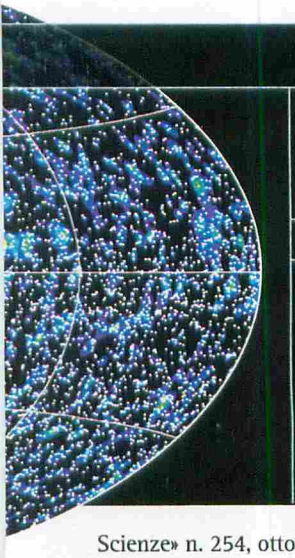
I fisici hanno anche ipotizzato altri tipi di neutrini: i cosiddetti neutrini sterili, talmente «freddi» da risentire a malapena della forza debole; la forza di gravità potrebbe essere il loro legame principale con il resto dell'universo. Questi neutrini sono ancora più difficili da osservare (*si veda il box a p. 63*).

Per quanto siano sfuggenti, i neutrini sono parte attiva nello spettacolo del cosmo. Sono un sottoprodotto diretto del decadimento beta, che riscalda i resti delle stelle esplose e l'interno dei pianeti, e rappresentano uno stadio intermedio fondamentale della fusione nucleare stellare. Sono decisivi anche per uno dei due principali tipi di supernove, quello che deriva dall'implosione di una stella massiccia alla fine della sua vita. L'implosione comprime il nocciolo della stella fino a densità nucleari e rilascia 10^{58} neutrini in un intervallo di 10-15 secondi. Con questi numeri, anche la particella più asociale non può che diventare l'attrazione della festa. I neutrini rappresentano il 99 per cento dell'energia totale liberata nel cataclisma. Osservandoli, possiamo vedere il 99 per cento dell'immagine che i normali telescopi non possono rilevare, comprese le fasi primordiali. Il rilevamento dei neutrini provenienti dall'evento del 1987 ha confermato la teoria fondamentale del collasso stellare (si veda *La grande supernova 1987A*, di Stan Woosley e Tom Weaver, in «Le

GLI AUTORI

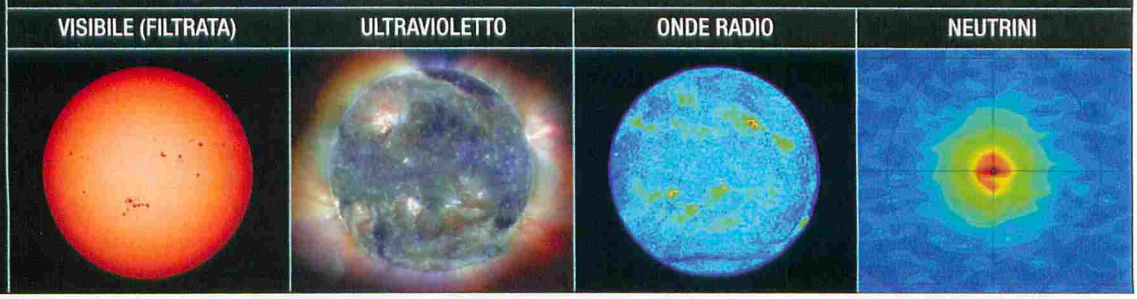
GRACIELA B. GELMINI è professore di fisica all'Università della California a Los Angeles. **ALEXANDER KUSENKO** è professore di fisica e astronomia all'Università della California a Los Angeles. Kusenko e Gelmini fanno parte del gruppo di ricerca dell'Osservatorio Pierre Auger. **THOMAS J. WEILER** è professore di fisica alla Vanderbilt University e membro del gruppo di ricerca dell'Extreme Universe Space Observatory.

Cortesia IceCube Collaboration (*cielo a neutrini*; pagina a fronte: cortesia SOHO/EIT Consortium/MDI Team, cortesia ESA/NASA/SOHO, cortesia Stephen White, Università del Maryland/NRAO/AUI e cortesia Super-Kamiokande (*immagini del Sole, da sinistra a destra*; George Retseck (*Terra*)



«GUARDARE» IL SOLE

Gli astronomi hanno osservato il Sole a ogni lunghezza d'onda della luce, e ora lo hanno osservato con i neutrini. L'immagine è sfuocata: l'esperimento Super-Kamiokande, con cui è stata realizzata, ha una risoluzione di 26 gradi, mentre il Sole ha un'ampiezza di 0,5 gradi. Ma si tratta di una pietra miliare: la luce mostra la superficie, i neutrini mostrano il nucleo del Sole.

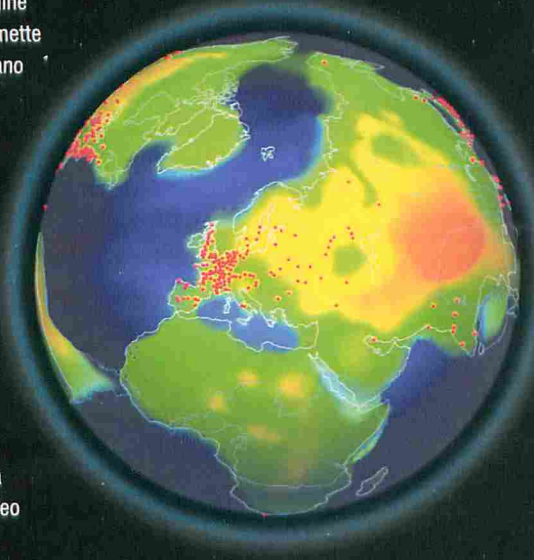


Scienze» n. 254, ottobre 1989). I rivelatori attualmente disponibili saranno in grado di fornire una ripresa in tempo reale del collasso, del rimbalzo e dell'esplosione di una stella.

Qualunque sia la loro origine, i neutrini non hanno difficoltà a raggiungere la Terra perché non solo penetrano gas e polvere, ma possono attraversare l'intero universo indipendentemente dalla loro energia. Lo stesso non si può dire per la luce. La forma più energetica di luce, i raggi gamma, è attenuata dalla radiazione cosmica di fondo, il fondo di microonde risalente al big bang sommato alla luce stellare e alle onde radio delle epoche passate. I fotoni dei raggi gamma con energie di 100 teraelettronvolt durano solo qualche decina di milione di anni luce. Anche i raggi cosmici energetici sono frenati.

La Terra vista dai neutrini

Come mostra questa immagine artistica, il nostro pianeta emette neutrini (i colori rappresentano l'intensità dell'emissione) rilasciati dalla radioattività naturale. I geofisici hanno tentato di studiare i neutrini per determinare la distribuzione degli isotopi radioattivi. Altre fonti includono collisioni dei raggi cosmici nell'atmosfera superiore, possibile annichilazione della materia oscura intrappolata nel nucleo terrestre e reattori nucleari.



I neutrini, dunque, sono uno dei pochi metodi a disposizione degli astronomi per studiare i fenomeni naturali più potenti. Possono essere difficili da osservare, ma ne vale la pena.

Una scienza dei sapori

Oltre all'isolamento, un'altra caratteristica peculiare dei neutrini è la loro strana capacità di metamorfosi. Come tutte le particelle elementari, si presentano in tre versioni, chiamate *flavor*, sapori. L'elettrone (e) ha due repliche più massicce, il muone (μ) e la particella tau (τ), e ciascuna ha un neutrino associato: il neutrino elettronico (υ_e), il neutrone muonico (υ_μ) e il neutrino tau (υ_τ).

Ma a differenza dell'elettrone, del muone e della particella tau, i tre neutrini non hanno masse specifiche. Se si misura la massa di un neutrino con un dato sapore, si ottiene in modo casuale uno dei tre valori possibili, con una certa probabilità per ciascuno di essi. Invece se si misura il sapore di un neutrino con una data massa si ottiene una delle tre possibili risposte. Un neutrino può avere sia un sapore sia una massa specifica, ma non entrambi allo stesso tempo. I tre stati della massa del neutrino sono indicati con i numeri υ_1, υ_2, υ_3 che rappresentano stati distinti da υ_e, υ_μ, υ_τ.

I neutrini violano dunque la nostra tradizionale concezione degli oggetti. Un pallone da basket pesa 624 grammi, una palla da baseball 142; ma se si comportassero come i neutrini, un pallone da basket peserebbe a volte 624 grammi, altre volte 142. I neutrini invece somigliano alle persone, con le varie identità di gruppo. Per esempio, gli scienziati possono essere affiliati sia a un'istituzione sia a un partito politico. Le statistiche dimostrano che il sei per cento degli scienziati statunitensi sono repubblicani: ciò non significa che il sei per cento dei laboratori sia associato al Partito repubblicano, ma vuol dire che in un laboratorio tipico sei scienzia-

ti su 100 scelti a caso sono repubblicani. Analogamente, un neutrino υ_1 che interagisce in un rivelatore può manifestarsi come υ_e, υ_μ o υ_τ con una probabilità calcolabile.

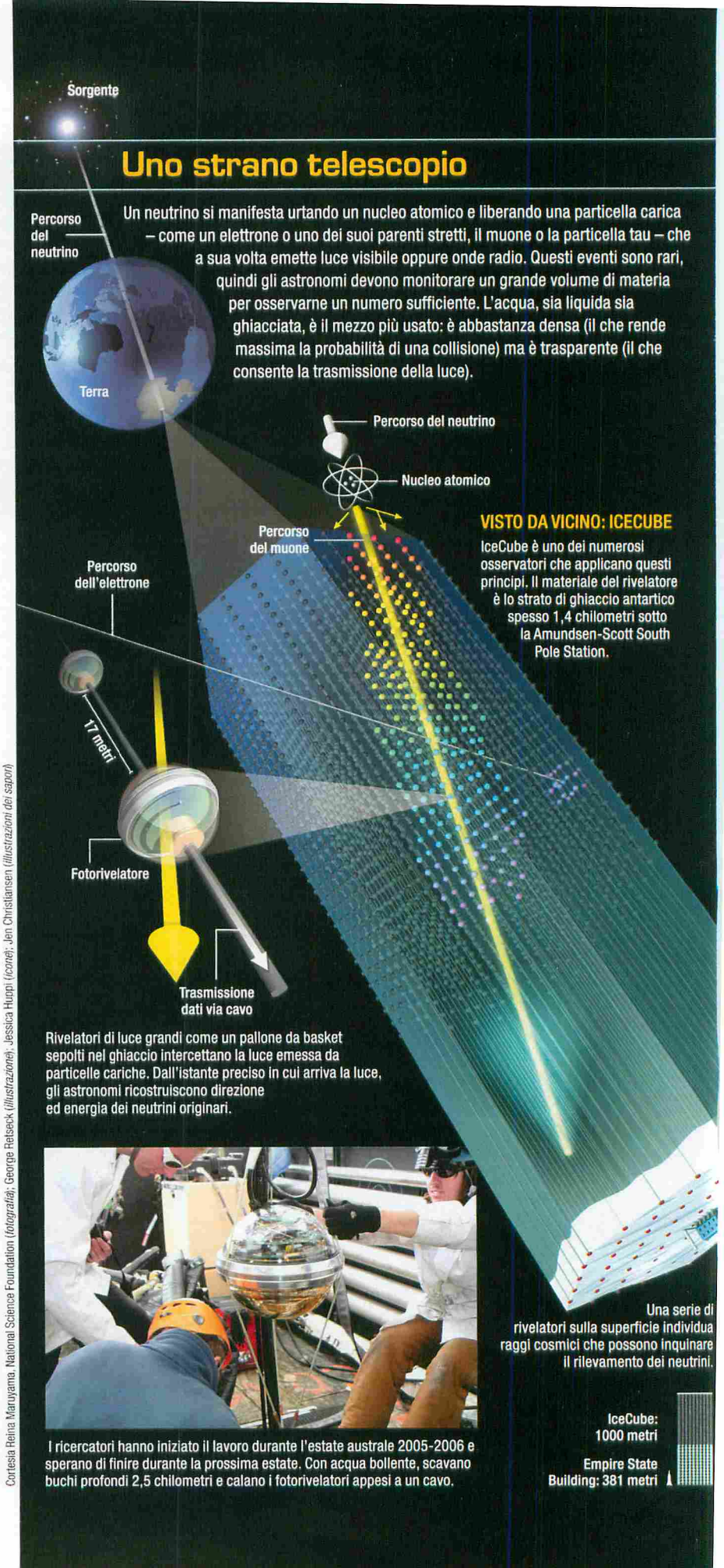
Il sapore determina il modo in cui i neutrini interagiscono con la forza nucleare debole, la massa determina il modo in cui si propagano nello spazio. Il decadimento beta, per esempio, produce neutrini di un solo sapore: υ_e. Quando queste particelle viaggiano nello spazio, il sapore non è importante perché è la massa a dettare il comportamento dei neutrini. Il υ_e è una miscela di υ_1, υ_2 e υ_3 in proporzioni che, per ragioni tecniche, i fisici chiamano angoli di mescolamento. Invece di un solo tipo di particelle, ora gli scienziati devono tracciare tre tipi. A un certo punto i neutrini reagiranno con il materiale nel rivelatore, e il sapore tornerà a essere importante. Se le proporzioni relative degli stati di massa sono rimaste immutate, il sapore tornerà quello originale (che, per il decadimento beta, è υ_e).

Ma le cose non vanno necessariamente così. Quando le particelle si propagano come stati di massa, diventano vulnerabili ai nuovi effetti che possono alterarne la miscela, modificando in questo modo il loro sapore. Questo processo provoca la metamorfosi del neutrino.

Secondo i principi della meccanica quantistica, a ogni stato di massa corrisponde un'onda con una certa lunghezza. Le onde si sovrappongono e interferiscono le une con le altre. Per usare una metafora acustica, un neutrino è come un suono che consiste in tre toni puri. Come sa chiunque abbia mai accordato uno strumento musicale, le onde sonore sovrapposte con frequenze leggermente diverse producono i cosiddetti «battimenti», un'oscillazione della loro intensità. Nel caso dei neutrini, una differenza di massa agisce come una differenza di frequenza, e i battimenti provocano un'oscillazione del sapore in funzione della distanza (*si veda il box a p. 62*).

Il Sole, per esempio, produce neutrini elettronici che, prima di raggiungere la Terra, si trasformano in tutti e tre i sapori. Gli esperimenti pionieristici di Davis e Koshiba erano sensibili solo ai neutrini elettronici, e quindi non avevano rilevato i neutrini muonici e tau in cui si erano trasformati molti neutrini elettronici durante il viaggio. Per rilevare un campione rappresentativo di particelle, tra il 2001 e 2002 si è usato un rivelatore sensibile ai tre sapori del neutrino: il Sudbury Neutrino Observatory, in Canada (si veda *Risolto il problema dei neutrini solari* di Arthur B. McDonald, Joshua R. Klein e David L. Wark, in «Le Scienze» n. 417, maggio 2003).

Un altro esempio di metamorfosi del neutrino



Cortesia Reina Maruyama, National Science Foundation (*fotografia*); George Retseck (*illustrazione*); Jessica Huppi (*icone*); Jen Christiansen (*illustrazioni dei sapori*)

DATI DELL'OSSERVATORIO	DESCRIZIONE
SUPER-KAMIOKANDE Località: a nord di Nagoya, in Giappone Volume del rivelatore: 50.000 metri cubi Periodo di attività: 1996- Risoluzione angolare: 26 gradi Intervallo di energia: 10^8-10^{12} elettronvolt (eV)	Schiera di fotorivelatori in un serbatoio d'acqua in una miniera di zinco. I ricercatori hanno proposto di aumentarlo di 20 volte, creando Hyper-Kamiokande.
PIERRE AUGER OBSERVATORY Località: a sud di Mendoza, Argentina Volume del rivelatore: 30.000 km^3 (copertura del telescopio), 20.000 m^3 (rilevatori a Terra) Periodo di attività: 2004- Risoluzione angolare: 0,5-2 gradi Intervallo di energia: 10^{17}-10^{21} eV	Innanzitutto rivelatore di raggi cosmici, Auger è in grado di rilevare anche neutrini ad alta energia usando una schiera di 1600 piccoli serbatoi d'acqua. Inoltre, telescopi nell'ultravioletto intercettano collisioni tra particelle nell'atmosfera.
ANTARCTIC IMPULSE TRANSIENT ARRAY (ANITA) Località: stazione McMurdo, Antartide Volume del rivelatore: 1.000.000 km^3 Periodo di volo: 2006-2007, 2008-2009 Risoluzione angolare: 1-2 gradi Intervallo di energia: 10^{17}-10^{21} eV	Un pallone vola sopra l'Antartide per un mese per intercettare onde radio che possono essere collegate a neutrini ad alta energia che urtano lo strato di ghiaccio.
ASTRONOMY WITH A NEUTRINO TELESCOPE AND ABYSS ENVIRONMENTAL RESEARCH (ANTARES) Località: Mar Mediterraneo, presso Marsiglia Volume del rivelatore: 0,05 km^3 Periodo di attività: 2008- Risoluzione angolare: 0,3 gradi Intervallo di energia: 10^{13}-10^{16} eV	Dodici file di fotorivelatori ancorati al fondo del mare individuano collisioni nell'acqua. È uno dei tre progetti pilota per il KM3NeT, un telescopio a neutrini da un chilometro cubo, la cui costruzione è prevista tra il 2011 e il 2015.
ICECUBE Località: Polo Sud Volume del rivelatore: 1 km^3 Data stimata per il completamento: 2011 Risoluzione angolare: 1-2 gradi Intervallo di energia: 10^{11}-10^{21} eV	86 file di rivelatori sensibili alla luce (e, in alcuni casi, antenne radio) vengono calate nel ghiaccio attraverso un pozzo, dove congelano. È una versione più grande dell'esperimento precedente AMANDA.
EXTREME UNIVERSE SPACE OBSERVATORY (EUSO) Località: Stazione spaziale internazionale Volume del rivelatore: 1.000.000 km^3 di aria (equivalente a 1000 km^3 di ghiaccio) Data stimata per il completamento: 2015 Risoluzione angolare: 1-2 gradi Intervallo di energia: 10^{19}-10^{21} eV	Un telescopio negli ultravioletti dell'esperimento giapponese Module monitorerà l'atmosfera della Terra alla ricerca di particelle cariche.

CHE SAPORE AVEVA QUEL NEUTRINO?

Ogni tipo, o sapore, rilascia una particella corrispondente: un neutrino elettronico libera un elettrone, un neutrino muonico libera un muone, un neutrino tau una particella tau. Dal loro schema di emissione, il sapore può essere riconosciuto con un'incertezza del 25 per cento.

L'elettrone interagisce con gli atomi e cede energia, illuminando un volume quasi sferico.

Il muone è meno interattivo, quindi viaggia per un chilometro o più generando un cono di luce.

La particella tau decade rapidamente. La sua creazione e fine creano due sfere di luce, o «doppio bang».

si verifica quando i neutrini sono generati nell'atmosfera superiore della Terra. I raggi cosmici collidono con i nuclei nell'aria, generando particelle instabili chiamate pioni che decadono in neutrini elettronici e muonici. Questi neutrini si propagano come stati di massa attraverso l'aria e il pianeta solido. Più si allontanano prima di essere rilevati, maggiore è il numero di neutrini muonici che si sono trasformati in neutrini tau. Di conseguenza, gli osservatori dei neutrini rilevano un numero di neutrini muonici provenienti dal basso (arrivati dal lato opposto del pianeta) pari a metà di quelli provenienti dall'alto (arrivati direttamente a Terra dall'atmosfera superiore).

Rapporti divertenti

Per gli astronomi, il sapore rappresenta per i neutrini quello che la polarizzazione rappresenta per la luce: una proprietà che può contenere informazione. Una sorgente celeste può emettere luce con una data polarizzazione e allo stesso modo può produrre neutrini con alcuni sapori, e misurando il sapore gli astronomi possono risalire ai processi interni alla sorgente. Il trucco sta nel percorrere a ritroso la metamorfosi subita dai neutrini durante il loro viaggio.

Se potessimo misurare con precisione l'energia di un neutrino e la distanza da cui proviene, sapremmo a che punto dell'oscillazione si trova la particella e potremmo calcolare le proporzioni relative dei tre sapori. Ma non disponiamo di questa precisione. Su lunghe distanze e lunghi intervalli di tempo, i neutrini oscillano tante volte che non possiamo tenere traccia del mescolamento dei sapori, che si confondono tra loro. Ciò che facciamo è calcolare una media statistica descritta da una cosiddetta matrice di propagazione del sapore, da cui gli astronomi possono dedurre la composizione della miscela che ha prodotto la miscela osservata.

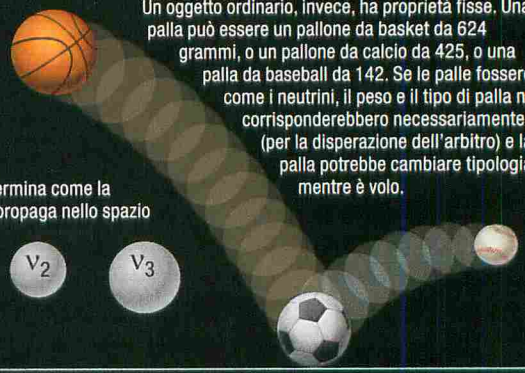
Per esempio si ritiene che molti neutrini provengano da collisioni ad alta energia tra fotoni e protoni. Questo processo si verifica in acceleratori di particelle di dimensioni cosmiche – trovati sul fronte d'urto dei residui di supernova e nei getti emessi dai buchi neri di ogni dimensione – e nello spazio profondo dove i raggi cosmici colpiscono la radiazione cosmica di fondo. Le collisioni producono particelle pioniche cariche, che decadono in muoni e neutrini muonici. I muoni, a loro volta, decadono in elettroni, neutrini elettronici e altro. Il fascio di neutrini risultante è composto da una parte di υ_e, due parti di υ_μ e nessun υ_τ, un rapporto di sapori pari a 1:2:0. Osservando i valori corrispondenti della matrice di propagazione, troviamo che questo rapporto evolve in 1:1:1. Se

La metamorfosi dei neutrini

Diversamente da altri tipi di particelle, i neutrini mutano mentre viaggiano nello spazio. Gli astronomi devono ripercorrere mentalmente questo effetto per ricostruire lo stato precedente del neutrino e che cosa lo ha prodotto.

CONFLITTO DI IDENTITÀ

Un neutrino ha questa sorprendente capacità di mutare perché ha una doppia identità. Può avere tre sapori e tre masse possibili, ma un dato sapore non implica una data massa, e viceversa.



Un oggetto ordinario, invece, ha proprietà fisse. Una palla può essere un pallone da basket da 624 grammi, o un pallone da calcio da 425, o una palla da baseball da 142. Se le palle fossero come i neutrini, il peso e il tipo di palla non corrisponderebbero necessariamente (per la disperazione dell'arbitro) e la palla potrebbe cambiare tipologia mentre è volo.

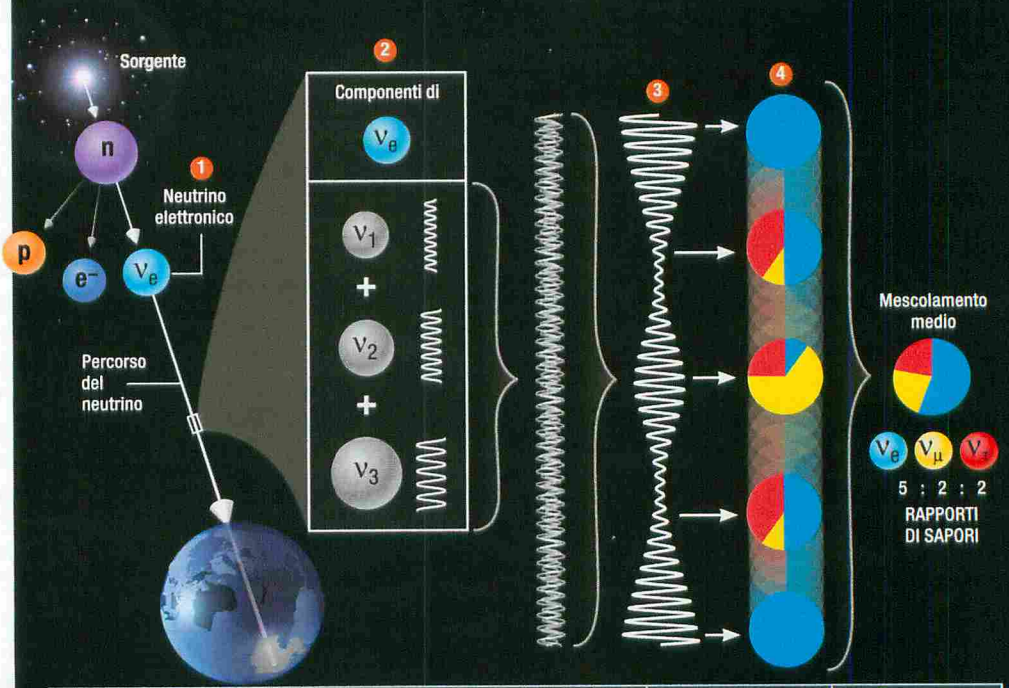
SAPORE: determina il modo in cui la particella interagisce con la materia

Neutrino elettronico | Neutrino muonico | Neutrino tau

MASSA: determina come la particella si propaga nello spazio

OSCILLAZIONI DEL SAPORE

Quando viene generato o rilevato, un neutrino ha un sapore specifico. Per esempio, il decadimento beta di un neutrone genera un neutrino elettronico (1). Questo neutrino non ha massa specifica, ma è una miscela di tutte e tre le possibilità rappresentata da una sovrapposizione di tre onde con diverse lunghezze d'onda (2). Mentre il neutrino si propaga le onde si disallineano, e il sapore originale scompare in favore di una certa miscela dei tre sapori (3). La miscela varia durante il viaggio del neutrino (4). In questo caso il rapporto di mescolamento medio è pari a 5:2:2, cioè un rivelatore ha cinque probabilità su nove di rilevare il neutrino come un neutrino elettronico e quattro probabilità su nove di rilevarlo sotto forma di netrino muonico o tau.



Alcuni raggi cosmici sono così potenti che sembrano sfidare la fisica conosciuta. I neutrini possono essere uno strumento con cui risolvere questo mistero

MISCELE DI SAPORI

I processi astrofisici producono miscele di sapori peculiari, che gli astronomi possono dedurre tenendo conto della metamorfosi. I neutrini muonici e i neutrini tau si presentano sempre in proporzioni uguali, come conseguenza della loro simmetria intrinseca.

Sorgente	Rapporto alla sorgente	Rapporto sulla Terra
Decadimento del neutrone	$1\nu_e:0\nu_\mu:0\nu_\tau$	$5\nu_e:2\nu_\mu:2\nu_\tau$
Decadimento pionico (completo)	1:2:0	1:1:1
Decadimento pionico (incompleto)	0:1:0	4:7:7
Decadimento della materia oscura (esempio)	1:1:2	7:8:8
Schiuma spazio-temporale	Qualsiasi	1:1:1
Decadimento del neutrino (ν_1 più leggero)	Qualsiasi	4:1:1
Decadimento del neutrino (ν_3 più leggero)	Qualsiasi	0:1:1

La fecondità dei neutrini sterili

Un tempo gli astronomi ipotizzavano che la misteriosa materia oscura dell'universo fosse formata da neutrini. L'idea è stata abbandonata quando si è scoperto che i neutrini sono troppo leggeri: al massimo la loro massa è pari a un milionesimo della massa dell'elettrone. Ma per gli scienziati è ancora possibile che neutrini non osservati, chiamati «neutrini sterili» perché non rispondono alla forza nucleare debole, possano esistere ed essere abbastanza pesanti per risolvere il problema.

I neutrini sterili potrebbero sembrare impossibili da rilevare, ma un tempo si diceva la stessa cosa dei neutrini ordinari. Si ritiene che i neutrini sterili possano avere effetti notevoli sugli oggetti celesti, per esempio potrebbero essere emessi dalle supernove. Dato che queste esplosioni sono asimmetriche, un numero maggiore di neutrini potrebbe essere emesso in una direzione, e i residui stellari dovrebbero muoversi nella direzione opposta a centinaia di chilometri al secondo. In effetti, questo contraccolpo viene osservato dagli astronomi, ed è un mistero.

Inoltre, i neutrini sterili potrebbero essere instabili, e decadere in fotoni nella banda X. Chandra ha scoperto deboli emissioni di che suggerivano un neutrino sterile con un centesimo della massa dell'elettrone, e l'osservatorio a raggi X Suzaku ha identificato un debole segnale che poteva provenire da un neutrino sterile. I decadimenti dei neutrini sterili potrebbero aver ionizzato l'idrogeno nell'universo primordiale o addirittura potrebbero aver contribuito a creare lo sbilanciamento tra materia e antimateria nell'universo. Per ora, però, le prove sono troppo deboli per azzardare una qualsiasi conclusione.

un esperimento terrestre individua rapporti diversi da 1:1:1, allora la catena di decadimento del pione non può essere all'origine di questi neutrini.

In alcuni casi il pione perde energia collidendo con altre particelle o emettendo radiazione mentre viaggia lungo una traiettoria curva in un campo magnetico. In questo caso il muone in cui decade è una sorgente trascurabile di neutrini ad alta energia e il rapporto di sapori iniziale è 0:1:0. Secondo la matrice di propagazione, il rapporto sulla Terra sarà di 4:7:7 invece di 1:1:1. Se un esperimento misura un rapporto di 1:1:1 per neutrini a bassa energia ma di 4:7:7 per quelli ad alta energia, gli astronomi possono risalire alla densità di particelle e all'intensità del campo magnetico della sorgente.

I neutrini possono arrivare anche dai cosiddetti fasci beta. Negli acceleratori cosmici di particelle, i nuclei atomici ad alta velocità possono scambiare pioni o scindersi, generando un fascio veloce di neutrini. I neutroni subiscono un decadimento beta radioattivo, che emette un flusso puro di elettroni e neutrini elettronici, con un rapporto di sapori 1:0:0. Secondo la matrice di propagazione, il rapporto di sapori che risulta sulla Terra è di 5:2:2.

Qualunque sia la miscela iniziale, i due sapori υ_μ e υ_τ arrivano alla Terra in percentuale uguale. Questa uguaglianza, che riflette una simmetria più profonda che i fisici devono ancora spiegare, è degna di nota perché i neutrini tau verranno sempre individuati dai telescopi, anche se non conosciamo le possibili sorgenti astrofisiche.

Il rapporto di sapori può descrivere il funzionamento degli oggetti celesti più di ogni altra fonte di informazione. Insieme ai raggi gamma e ai raggi cosmici, i neutrini spiegheranno il meccanismo dinamico e il bilancio energetico delle più potenti dinamo naturali. I neutrini possono inoltre farci scoprire se gli acceleratori cosmici di particelle sono elettromagnetici (e dunque non generano neutrini) o coinvolgono particelle pesanti (da cui emergono i neutrini). Potrebbero addirittura aiutarci a risolvere uno dei misteri che ogni astronomo ha in cima alla lista degli obiettivi: come vengono prodotti i raggi cosmici con le energie più elevate? Alcuni raggi cosmici sono così potenti da sfidare apparentemente la fisica conosciuta, e i neutrini possono sondare l'interno di qualunque oggetto li emetta.

I neutrini possono rivelare anche altri processi. Il decadimento delle particelle di materia oscura potrebbe generare neutrini in un rapporto di 1:1:2, che evolve in circa 7:8:8. In alcune teorie quantistiche della gravità, la struttura spazio-temporale dell'universo oscilla a scala microscopica. Neutrini con energia molto grande hanno lunghezze d'onda molto piccole, che potrebbero essere sensibili a queste fluttuazioni, che a loro volta potrebbero mescolare il sapore, conducendo a un rapporto di 1:1:1. In futuro i fisici potrebbero usare misure di rapporti diversi da 1:1:1 per escludere intere classi di teorie e individuare i livelli di energia a cui intervengono gli effetti di gravità quantistica.

Un altro processo esotico è il decadimento di un neutrino pesante in una variante più leggera, che altererebbe il rapporto di sapori. Studiando i neutrini solari, si è scoperto che υ_1 è più leggero di υ_2, ma non sappiamo se sia più leggero υ_1 o υ_3. Se trovassimo un rapporto 4:1:1, significherebbe che i neutrini sono effettivamente instabili, e che υ_1 è il più leggero. Un rapporto 0:1:1 favorirebbe υ_3.

L'astronomia è iniziata con l'osservazione del cosmo nella luce visibile e gradualmente si è estesa all'infrarosso, alle microonde, alle onde radio, ai raggi X e gamma. Con i neutrini, stiamo proseguendo in questa direzione. Il prossimo decennio sarà l'età dell'oro dell'astronomia dei neutrini. ■

Letture

Flavor ratios of Astrophysical Neutrinos: Implications for Precision Measurements. Pakvasa S., Rodejohann W. e Weiler T.J., in «Journal of High Energy Physics», articolo n. 5, 1 febbraio 2008. **arxiv.org/abs/0711.4517.**

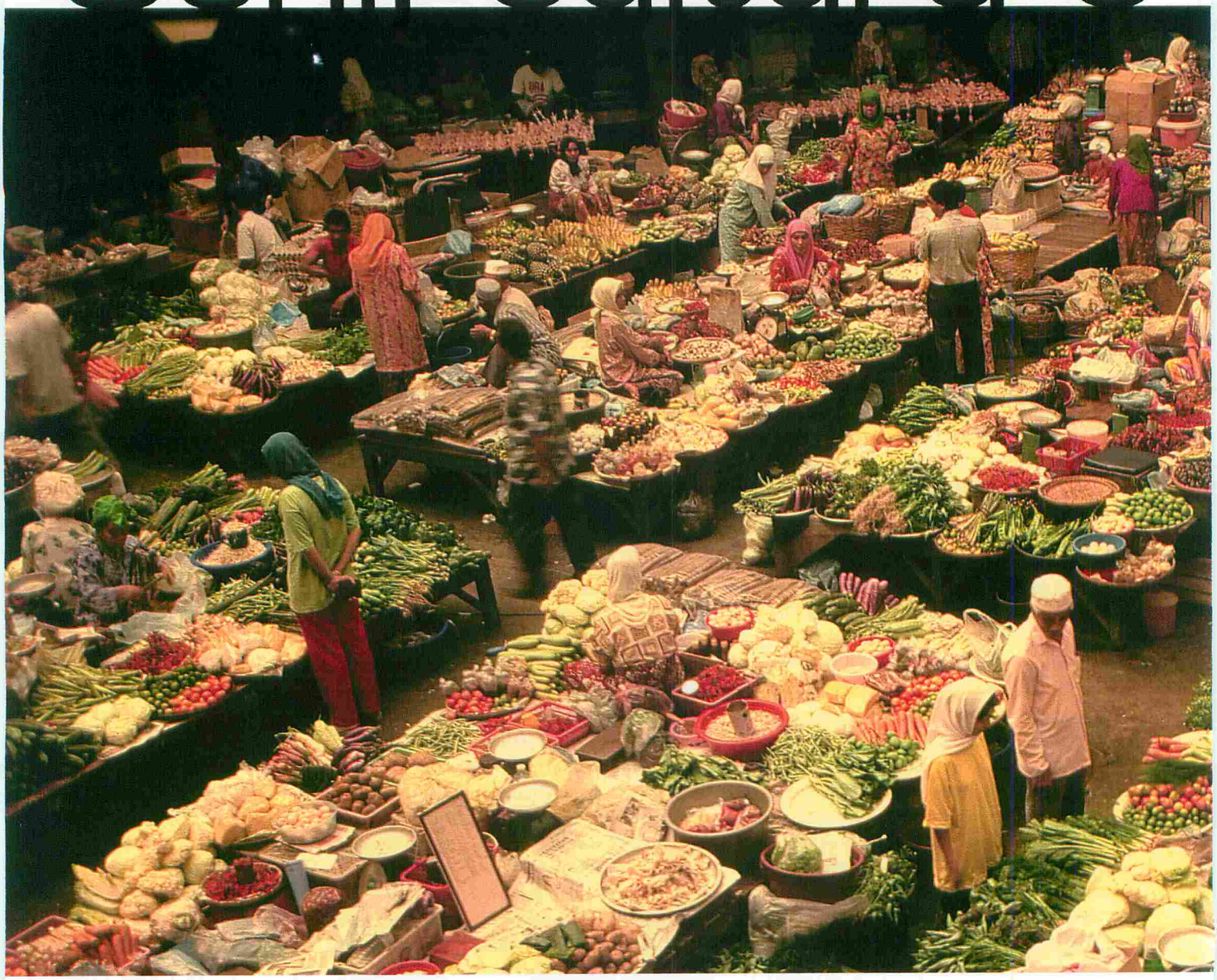
High Energy Cosmic Rays. Gelmini G.B., in «Journal of Physics: Conference Series», Vol. 171, n. 1, articolo n. 012102, 29 giugno 2009. **arxiv.org/abs/0903.4716.**

Sterile Neutrinos: the Dark Side of the Light Fermions. Kusenko A., in «Physics Reports», Vol. 481, nn. 1-2, pp. 1-28, settembre 2009. **arxiv.org/abs/0906.2968.**

Kilometer-Scale Neutrino Detectors: First Light. Halzen F., presentato al CCAPP Symposium 2009. **arxiv.org/abs/0911.2676.**

Jen Christiansen; George Retseck (*sorgente e Terra*)

Geni, cultura e



Hiroji Kubota/Magnum Photos/Contrasto

Biologia e cultura non hanno agito in modo indipendente nello sviluppo della nostra dieta: recenti studi dimostrano che la loro interazione è stata fondamentale

di Olli Arjamaa e Timo Vuorisalo

Sarebbe difficile negare che in natura gli adattamenti legati alle scelte alimentari e ai comportamenti per la ricerca del cibo hanno un forte impatto su sopravvivenza e riproduzione degli individui e, quindi, sul loro successo evolutivo. Nel caso della nostra specie, però, siamo più inclini a considerare le scelte alimentari come tratto culturale, non legato alla nostra biologia. E questo probabilmente è vero per piccole variazioni della dieta umana riscontrate sia a livello geogra-

dieta

IN SINTESI

- Per lungo tempo si è pensato che nell'uomo evoluzione genetica ed evoluzione culturale avessero agito in modo indipendente. Recenti studi hanno però dimostrato che non è così.
- Per esempio la tolleranza al lattosio, zucchero del latte, si trova in popolazioni che vivono in aree dove nel Neolitico è iniziata la domesticazione dei bovini per la produzione di latte, una preferenza culturale di tipo alimentare.
- Secondo gli autori, la storia evolutiva degli ominidi nostri antenati può essere letta anche come coevoluzione tra geni e dieta. Questo approccio mostra anche che l'evoluzione biologica della nostra specie è in atto ancora oggi.

fico sia fra gruppi etnici. In effetti alcune scelte sono questione di gusti, non di sopravvivenza.

D'altra parte, certi schemi base della nostra nutrizione sono caratteri evolutivi basati su cambiamenti delle frequenze geniche tra generazioni. Come aveva previsto Charles Darwin nell'ultimo capitolo di *L'origine delle specie*, la teoria della selezione naturale ha «fatto un po' di luce» sull'evoluzione degli esseri umani, ma anche sulla loro dieta. Il lungo cammino dai cacciatori-raccoglitori arcaici alle società post-industriali ha prodotto grandi cambiamenti nei comportamenti alimentari e nella dieta degli esseri umani.

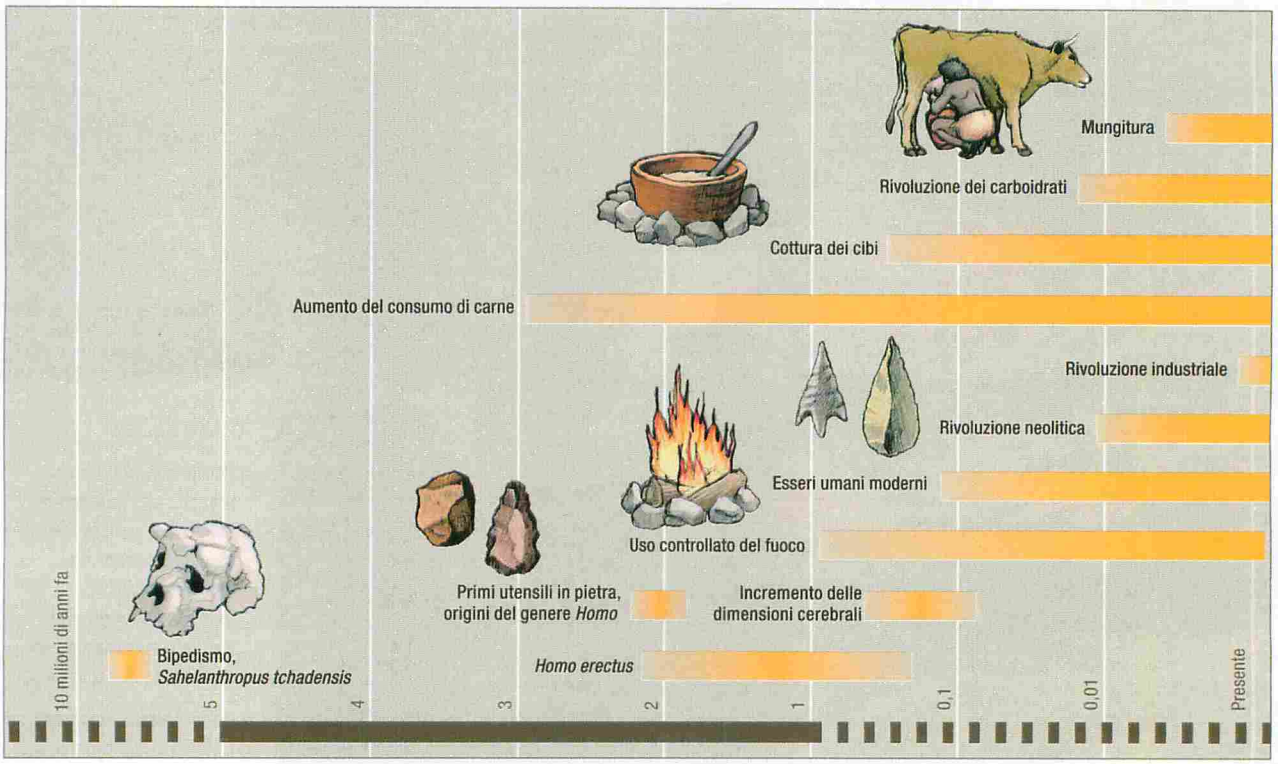
L'opinione tradizionale è che i nostri antenati si siano evoluti da animali mangiatori di frutta, vissuti in Africa meridionale e orientale, ad animali carnivori grazie ad adattamenti biologici ai cambiamenti ambientali. A partire dagli anni settanta, però, è diventato sempre più chiaro che questo quadro è troppo semplicistico. In realtà evoluzione

Cronologia evolutiva tra natura e cultura

I principali eventi dell'evoluzione umana si possono leggere in termini di coevoluzione di geni e cultura. (Si noti che nella figura la scala dei tempi diventa logaritmica alle due estremità, *linea tratteggiata*). L'evoluzione del bipedismo non è avvenuta per liberare le mani e quindi fabbricare e usare strumenti, un esempio di un vecchio pensiero teleologico oggi rifiutato dagli scienziati. La postura eretta infatti ha preceduto di almeno 2 milioni di anni la fabbricazione di strumenti.

In effetti Ardi, celebre e ben conservato esemplare di *Ardipithecus ramidus*, sembra aver camminato in posizione eretta già 4,4 milioni di anni fa, e lo stesso potrebbe valere anche per *Sahelanthropus tchadensis*, molto più antico. Bipedismo, comportamento sociale complesso, fabbricazione di strumenti, aumento delle dimensioni corporee e modifiche nella dieta hanno formato un insieme di adattamenti che ha aumentato sopravvivenza e riproduzione nell'ambiente africano in rapido cambiamento. L'uso controllato del fuoco ha avuto un grande impatto sulla dieta dei nostri antenati, e ha contribuito alla colonizzazione dei principali continenti da parte della nostra specie.

Più di recente, i mutamenti nella dieta avvenuti in seguito alla Rivoluzione del Neolitico hanno offerto un'affascinante serie di esempi di interazione tra cambiamento culturale ed evoluzione biologica.



STRUMENTO DA CUCINA. L'uso di strumenti in pietra ha permesso ai nostri antenati di squarciare la pelle degli animali cacciati, e quindi di avere una dieta a base anche di carne.

Museo di antropologia, Università del Missouri (*strumento litico*); cortesia «American Scientist» (*illustrazione*)

biologica ed evoluzione culturale non sono fenomeni separati, ma interagiscono in modo complesso. Come dice Richard Dawkins nel libro *Il gene egoista*, quel che c'è di insolito nella nostra specie si riassume in una sola parola: cultura.

Una branca teorica della genetica di popolazione, in parte basata sulle teorie sociobiologiche elaborate da Charles J. Lumsden ed Edward O. Wilson, studia i fenomeni evoluzionistici che emergono dall'interazione tra sistema genetico e sistema culturale; un altro filone di ricerca riguarda gli aspetti quantitativi della coevoluzione di geni e cultura, e ha origine, fra gli altri, nei lavori di Luigi Luca Cavalli Sforza e Marcus W. Feldman. I modelli matematici della coevoluzione di geni e cultura hanno dimostrato che la trasmissione culturale può modificare le pressioni selettive, e che la cultura può anzi generare nuovi meccanismi evolutivi, alcuni dei quali legati ai fenomeni di cooperazione fra gli esseri umani. In alcuni casi, la cultura può generare forti pressioni selettive, anche grazie alla sua influenza sul comportamento umano.

La prospettiva della coevoluzione di geni e cultura può aiutarci a capire il processo in cui la cultura è plasmata dagli imperativi biologici, e allo stesso tempo le proprietà biologiche sono modificate dall'evoluzione dei geni in risposta alla storia culturale. Alcuni affascinanti esempi si trovano nell'evoluzione della dieta degli esseri umani. Al centro del recente libro di Richard Wrangham,

Abbas/Magnum Photos/Contrasto

biologo e antropologo della Harvard University, intitolato *Catching Fire: How Cooking Made Us Human*, ci sono l'impatto e le conseguenze che ha avuto il dominio del fuoco sulla nostra alimentazione. Per affrontare questo e altri passaggi dell'evoluzione della dieta, alcuni studiosi preferiscono adottare l'approccio memetico.

La memetica studia la velocità con cui si diffondono le unità di informazione culturale denominate «memi», termine coniato da Dawkins in analogia con il più familiare concetto di gene. Un esempio di meme potrebbe essere un particolare modo di usare il fuoco, che conferisce un miglior adattamento all'uso di una certa risorsa alimentare. Di norma, un meme di questo genere si diffonde nella popolazione se è vantaggioso per i portatori. I memi sono trasmessi da un individuo all'altro mediante l'apprendimento sociale, che, come sappiamo, è certamente stato e continua a essere molto importante nell'evoluzione della dieta umana.

Nei paragrafi successivi esamineremo l'evoluzione biologica e culturale della dieta degli ominidi, concludendo con tre casi esemplari in cui l'evoluzione culturale ha condotto a cambiamenti genetici in *Homo sapiens*.

Primi passi nella savana

La prima specie ominide è comparsa tra 10 e 7 milioni di anni fa nell'Africa del Miocene. In particolare *Sahelanthropus tchadensis*, il più antico fra gli ominidi descritti fino a oggi, è stato datato tra 7,2 e 6,8 milioni di anni fa. Probabilmente gli ominidi si sono evoluti da un primate arboricolo, i cui discendenti sono gradualmente diventati bipedi terrestri dotati di un cervello più grande. Il quadro dell'evoluzione umana si è modificato in modo notevole negli ultimi anni, e sono stati proposti numerosi alberi genealogici sulle origini dell'uomo.

L'evoluzione umana ha avuto uno scenario caratterizzato soprattutto dal graduale inaridimento del clima dell'Africa tra il tardo Miocene e il Pliocene. I primi ominidi hanno risposto a questo cambiamento con una combinazione di adattamenti biologici e culturali che insieme ne hanno incrementato sopravvivenza e riproduzione. Questa combinazione ha probabilmente incluso un bipedismo sempre più raffinato, complessi comportamenti sociali, fabbricazione di strumenti, aumento delle dimensioni corporee e graduale modifica della dieta. In parte, la modifica della dieta è stata possibile grazie all'uso di strumenti litici con cui manipolare gli alimenti. Gli strumenti più antichi conosciuti risalgono a 2,6 milioni di anni fa. Le tecnologie di fabbricazione sono state mantenute e diffuse dall'apprendimento sociale, e molto probabilmente lo stesso si è verificato per i cambiamenti nelle tattiche di ricerca del cibo e nelle scelte alimentari.

Le principali fonti di dati sulle diete degli ominidi, le paleodiete, sono i resti fossili degli ominidi stessi e i relativi siti archeologici. I fossili ben conservati consentono sia analisi dettagliate su morfologia e microusura dei denti sia l'uso di tecniche paleodietetiche, come l'analisi degli isotopi stabili del collagene delle ossa e della dentina, e dell'apatite dello smalto. Fra gli altri metodi utili e ampiamente applicati c'è il confronto dei fossili con le specie attuali di cui sono note morfologia dentale e dieta. Il problema principale delle analisi di morfologia dentale e usura è che danno indicazioni sul

tipo di dieta predominante invece che sulla sua diversità. È sempre utile, quindi, mettere insieme informazioni ricavate da fonti diverse. I siti possono fornire informazioni utili sulla fauna rappresentata nei rifiuti, sugli attrezzi e sull'ampiezza dell'area di attività (*home range*): tutti elementi che hanno implicazioni per la dieta.

Di recente si è dedicata attenzione all'analisi degli isotopi stabili delle ossa e del collagene, che permettono confronti tra animali con diete vegetali diverse. Questa attenzione è importante, visto che le piante fossilizzano raramente, e quindi è facile esagerare la proporzione degli animali nella dieta dei primi ominidi. Con l'analisi degli isotopi stabili si può invece distinguere tra diete basate su piante C_3 e diete basate su piante C_4. Con C_3 e C_4 si indicano due differenti vie metaboliche implicate nella fissazione del carbonio durante la fotosintesi. Le piante che usano la via metabolica C_3 discriminano l'isotopo carbonio-13, e di conseguenza hanno bassi rapporti carbonio-13/carbonio-12. Anche le piante che usano la via C_4 discriminano il carbonio-13, ma in misura minore, quindi ne sono relativamente più ricche. Rispetto alle C_3, le piante C_4 sono più adatte a condizioni di siccità, alte temperature e limitate disponibilità di azoto. Molto probabilmente, quindi, la tendenza dell'Africa a un clima sempre più arido ha incrementato diversità e abbondanza delle piante C_4 rispetto alle C_3.

Tradizionalmente i primi ominidi venivano suddivisi in appartenenti a specie del genere *Australopithecus*, considerati frugivori, e appartenenti a specie del genere *Homo*, vale a dire *Homo habilis* e *Homo erectus*, che si cibavano di carcasse o cacciavano animali. Questa divisione è stata messa in discussione dalle tecniche con cui si sono ricostruite le paleodiete, che hanno mostrato l'importanza dei cambiamenti nella dieta vegetale citati prima. Mentre le grandi scimmie ancestrali hanno continuato a sfruttare le piante C_3 che abbondavano negli ambienti forestali, gli australopitechi hanno espanso la propria dieta, cibandosi anche di piante C_4. Questo cambiamento e il bipedismo hanno consentito agli australopitechi di colonizzare ambienti sempre più aperti e stagionali dell'Africa.

Molto probabilmente questa differenza ha contribuito alla diversificazione ecologica tra ominidi e grandi scimmie, e ha rappresentato un passo importante nel cammino evolutivo degli esseri umani. Forse tra le piante C_4 raccolte dagli australopitechi c'erano piante erbacee e carici, ma la questione è controversa. È interessante notare che una dieta animale può produrre una firma isotopica analoga a quella di una dieta con piante C_4, se gli animali cacciati hanno mangiato piante C_4. Molti ricercatori ritengono che una porzione considerevole della dieta degli australopitechi e dei primi *Homo* fosse composta da artropodi (forse soprattutto termiti), uova di uccelli, lucertole, roditori e giovani antilopi, specialmente nella stagione secca.

Dieta per un cervello più grande

I progressivi cambiamenti della dieta sono stati associati a cambiamenti delle dimensioni e dell'anatomia del corpo. Come ha fatto notare Robert Foley, dell'Università di Cambridge, l'aumento delle dimensioni corporee può allargare la nicchia alimentare perché consente di estendere l'area di attività (offrendo così una maggior diversità di possibili fonti di cibo) e può far aumentare la tolle-

Sze Fei Wong/iStockphoto (*riso*); Wolfgang Kaehler/Corbis (*manioca*); cortesia Olli Arjamaa (*Arjamaa e Vuorisalo*)

GLI AUTORI

OLLI ARJAMAA è professore associato del Centro di eccellenza di genetica e fisiologia evoluzionistica del Dipartimento di biologia dell'Università di Turku, in Finlandia. Il suo campo di ricerca riguarda soprattutto la fisiologia evolutiva di una classe di peptidi, i cosiddetti peptidi natriuretici. **TIMO VUORISALO** è *senior lecturer* in scienze ambientali e professore associato del Dipartimento di biologia dell'Università di Turku. Fra i suoi interessi di ricerca ci sono l'ecologia evoluzionistica, la storia ambientale e l'ecologia urbana.
L'originale di questo articolo è stato pubblicato su «American Scientist» di marzo-aprile 2010.

La disponibilità di carne è aumentata grazie a vari fattori. Innanzitutto, circa 1,8 milioni di anni fa gli ecosistemi a savana con diverse caratteristiche moderne hanno iniziato a espandersi, un fenomeno che ha favorito gli ungulati dell'Africa orientale, che sono aumentati sia di numero sia di specie. Per i predatori al vertice della catena alimentare, come *H. erectus*, ciò ha significato maggiori possibilità sia di caccia sia di sfruttamento delle carogne.

La dieta di *H. erectus* sembra essere stata più ricca di carne rispetto a quella degli australopitechi e delle prime specie di *Homo*. Probabilmente *H. erectus* otteneva carcasse di mammiferi sia con la caccia sia impadronendosi delle carogne di animali morti per altre cause. Le prove archeologiche mostrano che *H. erectus* usava utensili di pietra e probabilmente aveva una rudimentale economia di caccia e raccolta. Gli strumenti con bordi taglienti erano importanti perché squarciavano la pelle degli animali, permettendo l'accesso alla carne e a tessuti come il midollo osseo o il cervello. Questo accesso ad alimenti di origine animale avrebbe aumentato la disponibilità di acidi grassi necessaria per sostenere la rapida evoluzione cerebrale degli ominidi.

Come ha sostenuto Richard Wrangham, la domesticazione del fuoco ha avuto una grande influenza sulla dieta dei nostri antenati. Il fuoco era usato sia nella caccia cooperativa che nella cottura di carni e piante. Secondo la documentazione fossile, la cottura potrebbe essere comparsa già 1,9 milioni di anni fa, anche se nella documentazione archeologica le prime prove attendibili di un uso controllato del fuoco risalgono a 400.000 anni fa. Il suo uso regolare, invece, probabilmente è iniziato circa 50.000-100.000 anni fa, e ha avuto

ranza verso alimenti di qualità inferiore. Un grande mammifero sopravvive più facilmente con cibi di bassa qualità rispetto a mammiferi più piccoli. Inoltre, maggiori dimensioni corporee significano maggiore mobilità e migliore trattenimento del calore, quindi possono favorire un adattamento a climi meno caldi. Nella linea evolutiva degli ominidi si sono verificate tutte queste possibilità.

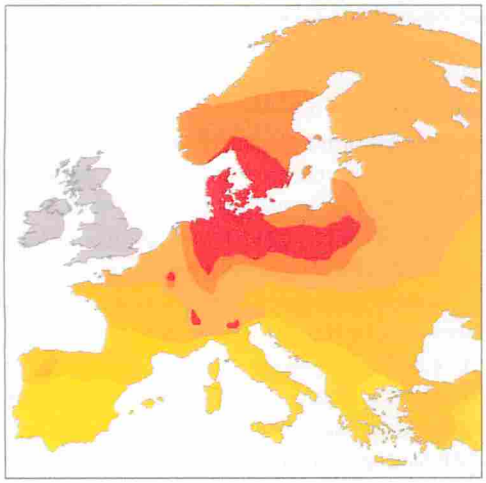
In particolare, la comparsa di *H. erectus*, avvenuta 1,8 milioni di anni fa, avrebbe segnato una svolta decisiva nell'evoluzione umana. *H. erectus* era più grande dei suoi predecessori, e sembra sia stato la prima specie ominide a uscire fuori dall'Africa. Inoltre aveva un rapporto tra dimensioni del cranio e del corpo (indicato come encefalizzazione) più elevato di quello osservato attualmente in tutte le specie di primati non umani. L'aumento delle dimensioni cerebrali, a sua volta, è stato associato a un cambiamento della dieta.

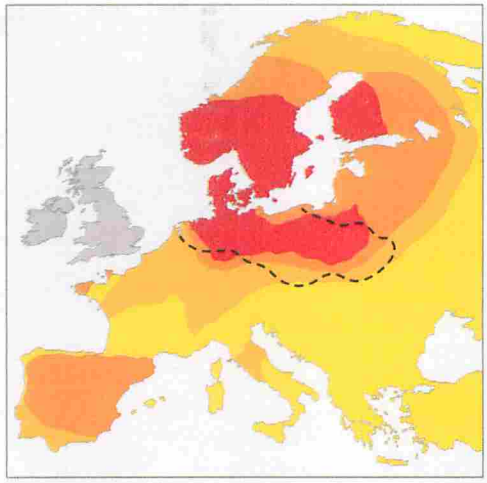
Probabilmente l'aumento delle dimensioni del cervello ha avuto inizio 2,5 milioni di anni fa, con la graduale transizione dal genere *Australopithecus* al genere *Homo*. Dato il grande consumo energetico del tessuto cerebrale, l'evoluzione di cervelli di grandi dimensioni ha avuto importanti implicazioni per la nutrizione degli ominidi. Secondo un'ipotesi avanzata nel 1995 da Leslie Aiello, dello University College di Londra, e Peter Wheeler, della John Moores University di Liverpool, gli alti costi energetici del cervello sono in parte coperti da una dieta energetica e ricca di composti nutritivi, che nella maggior parte dei casi include la carne.

In effetti, l'aumento del consumo di piante C_4 è stato seguito da un graduale aumento del consumo di carne ottenuta da carcasse o animali cacciati.

ALIMENTI DI IERI E DI OGGI. L'analisi degli isotopi stabili del carbonio mostra che i primi ominidi africani avevano nella loro dieta una componente significativa di piante C_4. Questo può derivare sia dal consumo diretto di piante C_4 sia dal consumo di animali (come le termiti) che a loro volte consumavano piante C_4. Fra le piante C_4 più conosciute ci sono riso e radice di manica (*da sinistra a destra, pagina a fronte*). Altra pianta C_4 è *Cyperus papyrus* (*qui sopra*) una carice gigante usata come fonte alimentare nell'antico Egitto. Una pianta C_4 ancora usata in Africa è il teff (*in alto*).

Frans Lanting/Corbis (*Cyperus papyrus*); Michael S. Lewis/Corbis (*teff*)





CORRISPONDENZE TRA DIVERSITÀ nei geni del latte bovino, tolleranza al lattosio e posizioni dei siti neolitici con tracce di allevamento, ottenute da Albano Beja-Pereira. L'arancione scuro nella mappa a sinistra mostra le aree di massima presenza di geni unici e diversità allelica nei bovini. A destra, la persistenza della lattasi negli europei di oggi. Il colore più scuro indica maggior frequenza dell'allele per la persistenza della lattasi. La linea tratteggiata indica l'area di nascita dell'allevamento bovino nel primo Neolitico.

Hiroji Kubota/Magnum Photos/Contrasto (*mandria da latte*); cortesia «American Scientist» (*mappe*)

un forte impatto sulla dieta di *H. erectus* e delle specie successive, compreso *H. sapiens*. Per esempio, i tuberi della savana e altri alimenti ricavati dalle piante vengono ammorbiditi dalla cottura, che quindi aumenta la disponibilità di energia e nutrimenti e riduce il rischio di infezioni. L'uso del fuoco, dunque, ha allargato la gamma dei possibili alimenti disponibili ai primi esseri umani. Non sorprende che la diffusione della nostra specie sui principali continenti sia coincisa con l'inizio dell'uso regolare del fuoco.

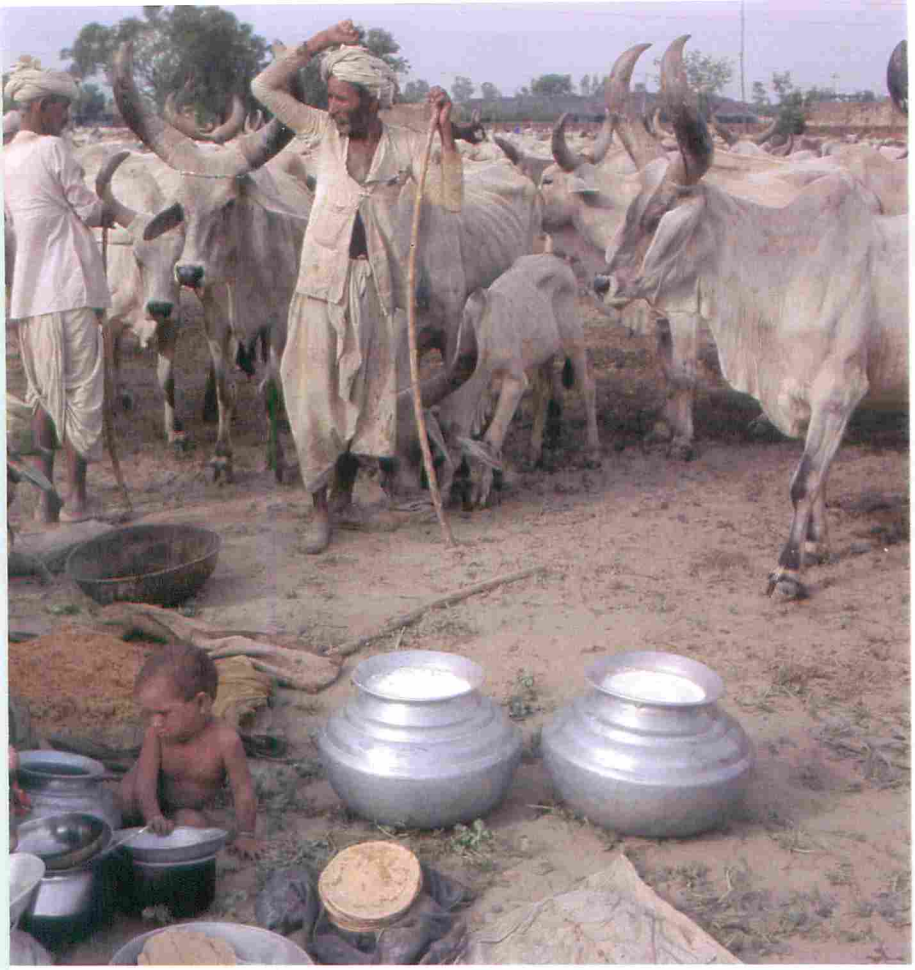
In termini relativi, il consumo di carne sembra aver toccato il massimo con la nostra specie cugina *H. neanderthalensis*. Come hanno scoperto Matt Sponheimer della Rutgers University e Julia A. Lee-Thorp dell'Università di Città del Capo, «ci sono pochi dubbi sul fatto che i Neanderthal consumassero grandi quantità di carne». I resti di mammiferi di grossa o media taglia dominano i siti neanderthaliani. Probabilmente i Neanderthal praticavano la caccia, forse preferendo piccoli animali, e usavano le carcasse di mammiferi morti per altre cause. E nelle aree più settentrionali colonizzate da *H. neanderthalensis* c'erano ben pochi concorrenti che potessero contendere loro le carcasse congelate. Il controllo del fuoco permetteva invece ai Neanderthal (e agli arcaici esseri umani di tipo moderno) di scongelare e usare queste carcasse.

La rivoluzione dei carboidrati

La Rivoluzione neolitica, o Rivoluzione agricola, cioè il passaggio alla domesticazione di piante e animali, ha avuto inizio intorno a 12.000 anni fa. Per la nostra specie questa innovazione culturale ha significato, tra l'altro, un considerevole aumento della proporzione di carboidrati nella dieta. I semi dei cereali fornivano il 35 per cento circa dell'energia assunta nelle società dei cacciatori-raccoglitori, mentre costituiscono circa la metà dell'energia assunta dagli individui nelle attuali società agricole. La Rivoluzione neolitica, poi, ha portato anche alla domesticazione di alcuni mammiferi, che garantivano una costante disponibilità di carne e altre fonti di proteine animali.

Probabilmente il fuoco ha avuto un ruolo nella nascita della dieta ricca di carboidrati, tuttavia la grande rivoluzione della domesticazione delle piante nasce dall'intreccio tra cambiamento culturale ed evoluzione biologica. I carboidrati dal sapore dolce sono ricchi di energia, e quindi di vitale importanza per gli esseri umani. Nell'ambiente in cui vivevano le popolazioni di cacciatori-raccoglitori del Paleolitico, i carboidrati erano scarsi, perciò era importante trovare e riconoscere con efficacia le risorse alimentari di sapore dolce.

Una volta ingeriti, i grossi polimeri, come l'amido, sono parzialmente idrolizzati da un enzima, un'amilasi, contenuto nella bocca, e poi ulteriormente degradati a dare zuccheri, il cui sapore dolce potrebbe aver funzionato da segnale con cui identificare le fonti di cibo più nutrienti. (È interessante notare che il moscerino della frutta *Drosophila melanogaster* percepisce come dolci gli stessi composti che sono dolci per gli esseri umani.) In seguito, con l'agricoltura del Neolitico, che ha portato a una dieta ricca di amidi, è diventata ancora più importante la degradazione dell'amido da parte dell'amilasi che si trova nel tratto digerente.



INDIANI E THAILANDESI, PER ESEMPIO. Un caso di coevoluzione genetica e culturale è la pratica dell'allevamento con produzione di latte, che può causare forti variazioni geografiche, anche all'interno di uno stesso continente, nella frequenza della tolleranza al lattosio. In Thailandia solo il 3 per cento della popolazione presenta tolleranza al lattosio, mentre nell'India settentrionale (*nella foto*), la proporzione è intorno al 70 per cento.

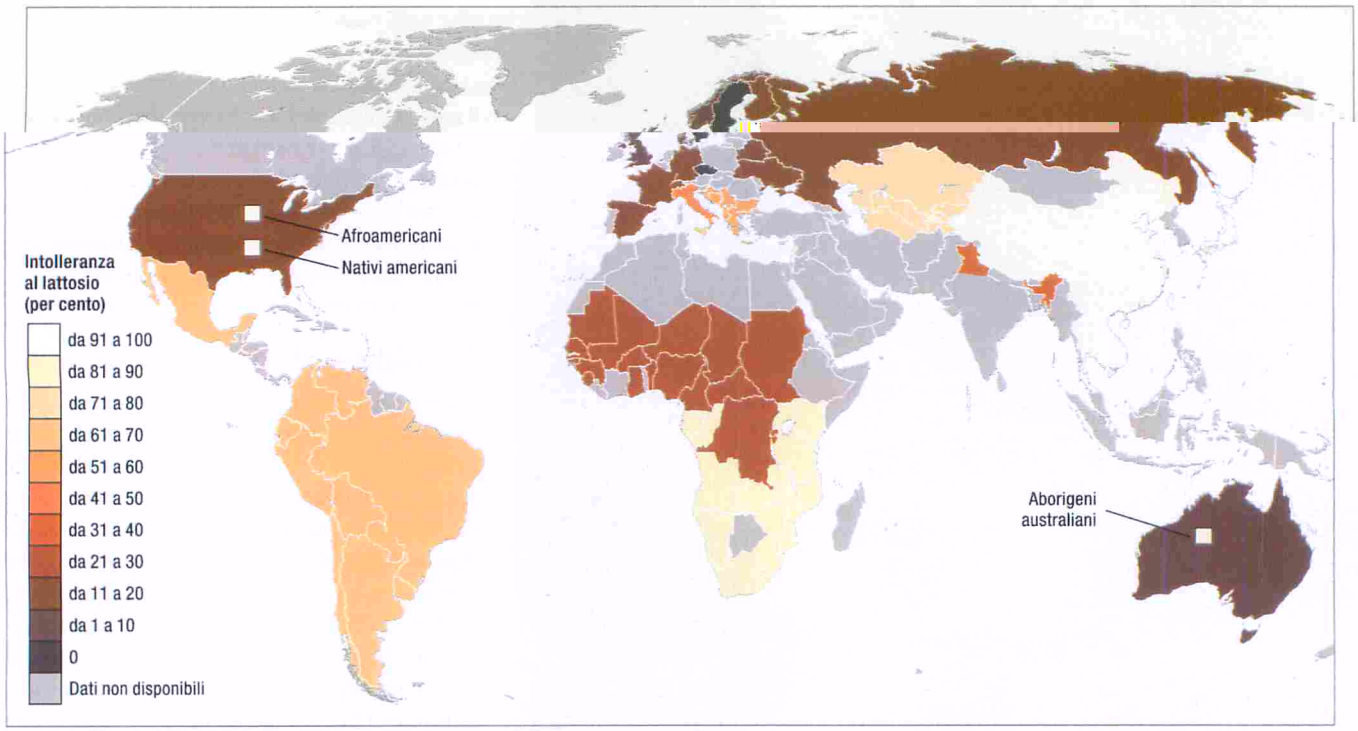
L'amilasi salivare è uno sviluppo relativamente recente, dovuto a un gene che codifica per un'amilasi pancreatica. La duplicazione del gene ancestrale per l'amilasi pancreatica ha portato alla specificità salivare in modo indipendente nei roditori e nei primati, un fenomeno che sottolinea l'importanza dell'enzima nella digestione. Inoltre la biologia molecolare offre nuovi spunti per capire il modo in cui l'evoluzione ha sfruttato le variazioni del numero di copie dei geni (*copy number variation*, CNV, che raggruppa delezioni, inserzioni, duplicazioni e varianti multisito complesse) come fonte di variazione genotipica e fenotipica; in passato si credeva che questa variazione provenisse solo da polimorfismi a singolo nucleotide. I CNV possono anche causare complessi fenomeni di acquisizione o perdita di sequenze omologhe in molteplici siti del genoma, e le relative variazioni strutturali possono coinvolgere milioni di nucleotidi con eterogeneità che va da migliaia a milioni di basi.

L'analisi delle variazioni del numero di copie riguardanti il gene dell'amilasi salivare (*Amy1*) ha scoperto che questo numero è correlato con il livello della proteina, e che le popolazioni umane isolate con dieta ricca di amidi hanno un numero più grande di copie di *Amy1*. Inoltre, numero di copie e dieta non hanno un'origine comune. Le diete locali hanno creato una forte selezione positiva sulla variazione del numero di copie del gene per l'amilasi, e forse nella nostra specie questo rapido passaggio evolutivo si è verificato in coincidenza con i cambiamenti della dieta avvenuti nei primi stadi dello sviluppo dell'agricoltura. È interessante notare che il numero di copie è aumentato nel corso dell'evoluzione della linea evolutiva umana: negli esseri umani i livelli della proteina salivare sono circa 6-8 volte più alti rispetto a scimpanzè e bonobo, che sono prevalentemente frugivori e, rispetto all'uomo, mangiano meno alimenti contenenti amido.

Transizione al latte e suoi derivati

Un classico esempio di coevoluzione di geni e cultura è la persistenza della lattasi (LP) negli adulti. Il latte contiene uno zucchero, il lattosio, che prima di essere assorbito dall'intestino deve essere digerito dall'enzima lattasi. La capacità di digerire il latte da adulti (tolleranza al lattosio) è comune fra gli abitanti dell'Europa settentrionale, dove si ritiene che antiche popolazioni abbiano usato prodotti derivati dal latte come fonti di energia per sopravvivere agli inverni freddi e bui, mentre nell'Europa meridionale e in gran parte dell'Asia bere latte dopo l'infanzia dà spesso problemi gastrointestinali. Se l'intestino non è in grado di degradare il lattosio in glucosio e galattosio, a causa della mancanza della lattasi o della lattasi-florizina idrolasi (LPH), localizzata nei villi degli enterociti dell'intestino tenue, la degradazione del lattosio operata dai batteri provoca diarrea, gonfiore intestinale e flatulenza, che nei bambini più piccoli può causare una disidratazione fatale. D'altra parte il latte fornisce agli adulti una ricca fonte di energia in forma liquida e priva di contaminazioni batteriche, incrementando la sopravvivenza e la *fitness*. In passato, quindi, il fenotipo della persistenza della lattasi ha accresciuto il successo riproduttivo dei suoi portatori.

Recenti ricerche hanno mostrato che un polimorfismo a singolo nucleotide, a cui si deve la persistenza della lattasi in alcune popolazioni isolate, è «uno dei segnali più forti di selezione rilevati nei geni dell'uomo». La persistenza della lattasi è emersa in modo indipendente tra 10.000 e 6000 anni fa in Europa e in Medio Oriente, due aree in cui l'adattamento all'uso del latte ha seguito percorsi storici differenti. Le prime prove storiche dell'uso di bovini per ricavarne latte provengono da Egitto e Mesopotamia e risalgono al 4000 a.C., ma ancora oggi ampie zone dell'Africa centrale e dell'Asia orientale sono prive di tradizioni di mungitura del latte, e molti adulti in queste aree non possono metabolizzare il lattosio. Gli antichi romani non bevevano latte, e questo si riflette nella fisiologia dei loro discendenti nell'area del Mediterraneo.



UN MONDO DI INTOLLERANTI. L'intolleranza al lattosio negli adulti è la regola, non l'eccezione, anche se è possibile che la sua prevalenza sia in declino, a causa della diffusione del polimorfismo a singolo nucleotide che provoca la persistenza della lattasi. Si noti la grande variazione dell'intolleranza su brevi distanze

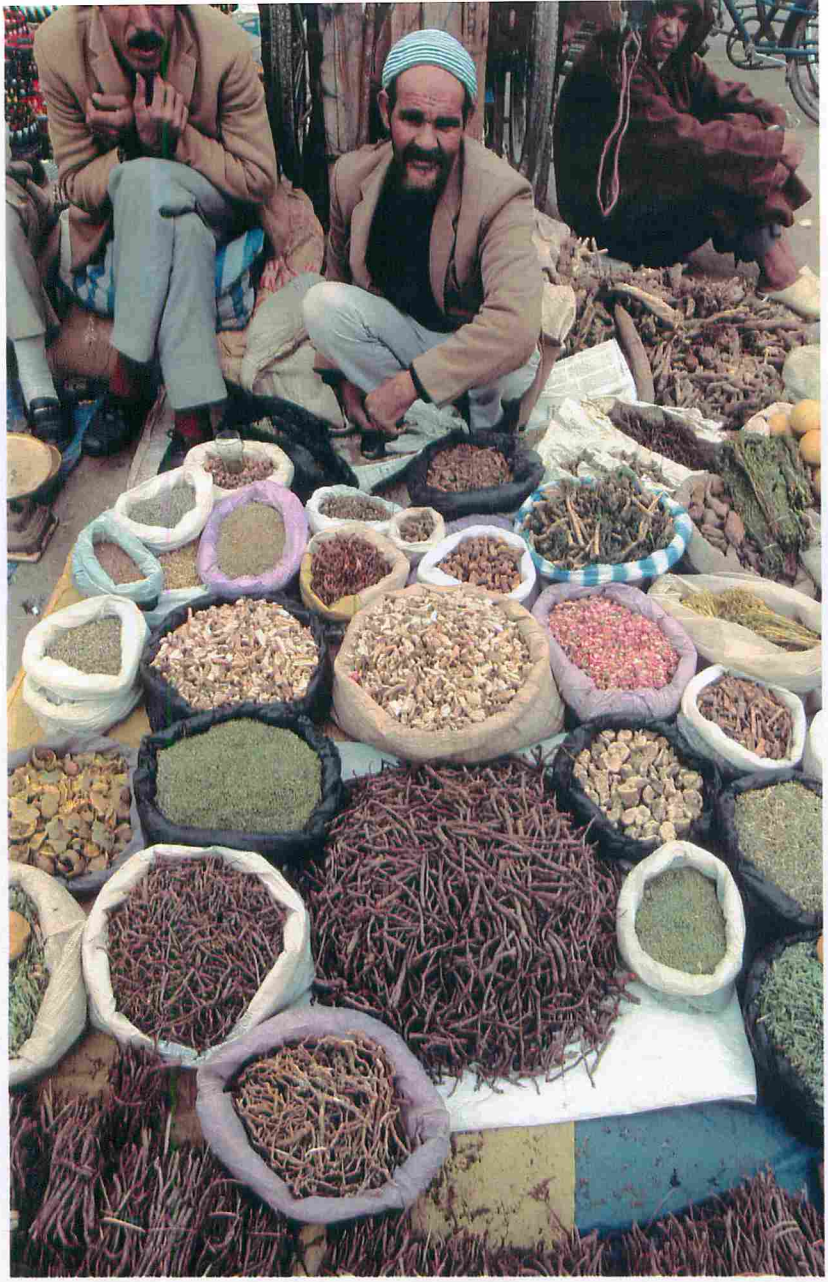
Le prime prove del fatto che la persistenza della lattasi è dovuta a un polimorfismo a singolo nucleotide sono arrivate da uno studio su un gruppo di famiglie finlandesi. L'analisi aplotipica ha mostrato che una variante del DNA (detta C/T_{-13910}) localizzata nell'elemento *enhancer* a monte del gene della lattasi era associata con l'intolleranza al lattosio, inoltre il fatto che la variante sia stata osservata in popolazioni lontane parenti tra loro fa pensare che sia molto antica. In seguito si è osservato che questo allele è emerso in modo indipendente in due popolazioni che vivono aree ben delimitate degli Urali e del Caucaso: tra 12.000 e 5000 anni fa nel primo caso e tra 3000 e 1400 anni fa nel secondo.

Le popolazioni dell'Arabia Saudita con alta prevalenza di LP, invece, presentano altre due varianti, introdotte circa 6000 anni fa con la domesticazione del dromedario. In Africa, una forte spinta selettiva verso la persistenza della lattasi ha prodotto tre nuovi SNP, circa 7000 anni fa, negli abitanti di Tanzania, Kenya e Sudan, un fenomeno che riflette forme analoghe di domesticazione di animali e consumo di latte da parte degli adulti.

Tutte queste scoperte indicano che c'è stata una forte pressione selettiva in varie popolazioni isolate e in momenti diversi verso l'introduzione della tolleranza al lattosio, e ciò si è verificato grazie a numerose mutazioni diverse, suggerendo adattamenti a differenti tipi di culture consumatrici di latte. La persistenza della lattasi era assente nei primi agricoltori europei, come dimostrano le analisi degli scheletri umani del Neolitico. Ma con l'inizio dell'allevamento animale e della mungitura, nel primo Neolitico, la frequenza degli alleli della LP è rapidamente cresciuta sotto l'intensa pressione della selezione naturale. La svolta culturale verso l'allevamento e la mungitura sembra essere stata la forza motrice per l'evoluzione della tolleranza al lattosio: si tratta di una delle più forti prove di coevoluzione di geni e cultura negli esseri umani moderni. In altre parole, il meme della mungitura ha avuto diverse varianti locali, che si diffusero rapidamente grazie all'effetto positivo che avevano per i loro portatori.

Va però tenuto presente che la trascrizione dei geni è soggetta a controlli complessi, come nel caso della variante C/T_{-13910} che contiene un enhancer grazie al quale probabilmente vari fattori di trascrizione contribuiscono alla regolazione del gene della lattasi nell'intestino. In più, si sarebbe verificata una coevoluzione anche fra la tolleranza al lattosio negli esseri umani e le frequenze dei geni per le proteine del latte nei bovini. Quando sono state confrontate le variazioni geografiche dei geni che codificano per le più importanti proteine del latte in alcune razze bovine d'allevamento europee con la prevalenza della tolleranza al lattosio in Europa, si è trovato che la diversità più alta dei geni del latte è correlata geograficamente sia con la tolleranza al lattosio nei moderni europei sia con i siti neolitici di allevamento dei bovini in Europa (*si vedano le mappe a p. 70*).

Cortesia «American Scientist»



Bruno Barbey/Magnum Photos/Contrasto

Questa correlazione fa pensare che ci sia stata una coevoluzione di geni e cultura che ha coinvolto esseri umani e bovini, portando a mandrie più numerose con più ampia distribuzione di frequenze geniche. Ciò ha a sua volta condotto alla selezione di una maggior produzione di latte e di una diversa composizione delle proteine del latte, che sono diventate più adatte al consumo umano. In futuro riusciremo a saperne di più sull'evoluzione geografica della persistenza della lattasi, dato che ormai è possibile determinare rapidamente i genotipi di un gran numero di individui con polimorfismi legati alla tolleranza al lattosio, che provocano vari sintomi gastrointestinali in seguito all'ingestione di questo zucchero.

Ancora in evoluzione

I cambiamenti nella dieta avvenuti per cause culturali hanno più volte generato pressioni selettive nell'evoluzione umana, come hanno mostrato gli esempi citati del polimorfismo a singolo nucleotide della persistenza della lattasi e della variazione del numero di copie dell'amilasi. Questi rapidi passaggi selettivi sono avvenuti tra 10.000 e 6000 anni fa, quando è iniziata la domesticazione di piante e animali che ha segnato la transizione dal Paleolitico al Neolitico. Molto tempo prima, alcuni cambiamenti genetici sono stati certamente associati a cambiamenti nella dieta delle specie di *Australopithecus* e di *H. erectus*.

Che cosa possiamo dire per il futuro? È possibile, per esempio, identificare qualche tipo di pressione selettiva sui loci da cui dipende la suscettibilità a malattie associate alla dieta? La risposta sembra positiva. Il rischio di diabete di tipo II (T2D) è stato proposto come possibile bersaglio della selezione naturale negli esseri umani perché ha un forte impatto su metabolismo e produzione di energia, e quindi su sopravvivenza e fitness degli esseri umani. Alcuni studi avevano scoperto un rischio di T2D per individui portatori di una determinata variante del gene che codifica per il fattore di trascrizione 7-simile al 2 (TCF7L2). In seguito un altro studio sulla popolazione finlandese ha portato a dieci il numero di varianti individuate vicino a TCL7L2. Nel corso della stessa ricerca è stata trovata anche una nuova variante dello stesso gene che ha subito una selezione positiva in popolazioni dell'Asia orientale, europee e dell'Africa occidentale.

È interessante il fatto che questa variante suggerisca un'associazione sia con l'indice di massa corporea sia con la concentrazione di leptina e grelina, gli ormoni che regolano le sensazioni di fame e sazietà, che ha avuto origine più o meno ai tempi della transizione dalla cultura paleolitica a quella neolitica. A sostegno dell'idea che la selezione è un processo ancora in corso nell'adattamento fisiologico degli esseri umani, l'analisi di campioni provenienti da popolazioni umane di ogni parte del mondo ha mostrato che i loci associati con il rischio di T2D hanno subito una recente selezione positiva, mentre ci sono poche prove del fatto che la suscettibilità al diabete di tipo I sia attualmente soggetta a selezione naturale.

Nel prossimo futuro, studi estesi a tutto il genoma riguardo a segnali di selezione positiva recente permetteranno di approfondire le nostre conoscenze sulla coevoluzione tra antichi genomi e dieta in diverse popolazioni, con implicazioni anche per problemi dell'alimentazione moderna. Come abbiamo suggerito, probabilmente questa conoscenza sarà più ricca di sfumature rispetto all'approccio «geni da cacciatori-raccoglitori contro alimentazione *fast food*» che spesso ci è stato proposto. ■

Letture

Gene-Culture Coevolution between Cattle Milk Protein Genes and Human Lactase Genes. Beja-Pereira A., Luikart G., England P.R. e altri, in «Nature Genetics», Vol. 35, pp. 311-313, 2003.

The Ancestral Human Diet: What Was It and Should It Be a Paradigm for Contemporary Nutrition? Eaton S.B., in «Proceedings of the Nutritional Society», Vol. 65, pp. 1-6, 2006.

How Culture Shaped the Human Genome. Bringing Genetics and the Human Sciences Together. Laland K.N., Odling-Smee J. e Myles S., in «Nature Reviews Genetics», Vol. 11, pp.137-148, 2010.

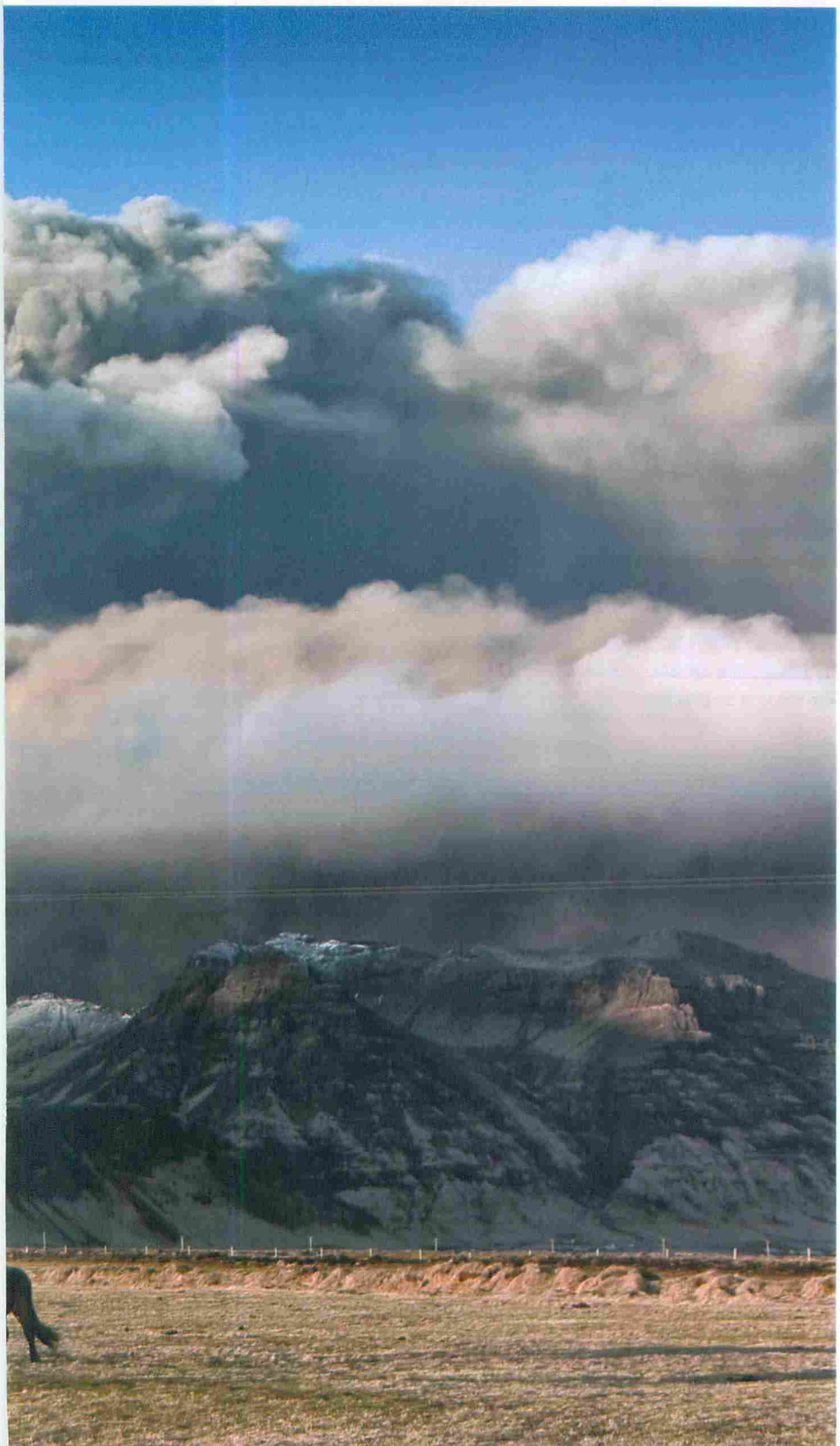
Eyjafjöll:

radiografia di un'eruzione

IN SINTESI

- La gigantesca nuvola di ceneri prodotta dall'eruzione del vulcano islandese Eyjafjöll, che ha bloccato i cieli europei nell'aprile 2010, è il risultato del contatto tra la lava e il ghiacciaio che sormonta il vulcano.
- Eruzioni di questo genere possono causare inondazioni catastrofiche, come è già avvenuto varie volte in passato.
- Uno scenario simile potrebbe verificarsi per il Katla, il vulcano vicino all'Eyjafjöll, ma molto più potente.
- Anche altri vulcani islandesi, appartenenti allo stesso sistema tettonico, rischiano di risvegliarsi.

Lo scorso aprile, l'eruzione di un vulcano in Islanda ha paralizzato il traffico aereo quasi per una settimana. Ma nell'isola altri vulcani, ben più potenti, sono pronti a risvegliarsi in un futuro non troppo remoto



Rex Features/Olycom

di Michel Detay

Il 20 marzo 2010, poco dopo la mezzanotte, l'Eyjafjöll si è risvegliato dopo 187 anni di sonno. Questo vulcano dell'Islanda meridionale, a 130 chilometri circa da Reykjavik, è coperto dall'Eyjafjallajökull, il «ghiacciaio delle montagne delle isole» (*Eyja*: isole, *fjalla* o *fjöll*: montagne, *jökull*: ghiacciaio), così chiamato perché domina l'arcipelago delle Vestmann, situato una trentina di chilometri a sud-ovest.

Dopo una prima fase eruttiva, la fase effusiva, caratterizzata da una dozzina di fontane di lava di stile hawaiano alte un centinaio di metri, il 14 aprile il vulcano è entrato in una seconda fase, quella esplosiva. Il contatto tra il ghiaccio e la lava a oltre 1000 gradi di temperatura ha provocato esplosioni e l'emissione di gigantesche volute di vapore d'acqua, gas e materiali magmatici fino a svariati chilometri di quota. Sospinto dai venti, l'enorme pennacchio ha invaso l'Europa.

Ricche come sono di silice, alcune particelle vulcaniche hanno un effetto abrasivo. Corrodono la fusoliera, le ali e i finestrini degli aerei, possono fondere nella camera di combustione dei reattori e depositarvisi sotto forma di pasta silicea, un composto vetroso che impedisce l'uscita dell'aria sulle alette. Un sistema di sicurezza destinato a evitare un eccesso di pressione nel compressore blocca il motore, e i reattori dell'aereo vanno in panne. Fu così, nel 1991, che si danneggiarono i motori di 6 dei 16 velivoli commerciali entrati in contatto con la nuvola di ceneri del Pinatubo, nelle Filippine, tra cui vari Boeing 747 con centinaia di passeggeri a bordo.

Per questa ragione, il 14 aprile scorso molti paesi europei, soprattutto al nord e al centro del continente, hanno chiuso gli aeroporti e vietato la circolazione aerea: cinque giorni dopo, il 19, i voli annullati erano almeno 63.000 e c'erano più di sei milioni di viaggiatori bloccati un po' in ogni parte del mondo. Agli inizi di maggio la nube ha bloccato di nuovo alcune centinaia di voli nel nord e sud dell'Europa, ma verso la fine del mese l'eruzione è apparsa dormiente per alcuni giorni di seguito, e benché dal cratere continuasse a uscire una considerevole quantità di vapore i rapporti non registravano caduta di ceneri.

È finita qui? Forse no. Quello di aprile è infatti senza dubbio solo il primo episodio di una lunga serie, almeno su una scala temporale di qualche decennio. Il Katla, un vulcano dieci volte più importante, si trova circa 20 chilometri a est dell'Eyjafjöll. Anch'esso è sormontato da un ghiacciaio, quindi il contatto tra magma e ghiaccio scatenerà un'eruzione esplosiva che emetterà un'enorme nube di ceneri. E, in più, provocherà un disgelo del ghiacciaio, una gigantesca ondata di acqua, ghiaccio e fanghiglia.

Nelle prossime pagine, dopo aver descritto la natura dell'eruzione dell'Eyjafjöll, esamineremo le sue conseguenze e le ragioni che fanno temere un futuro scenario catastrofico.

Fuoco sotto il ghiacciaio

Il 27 marzo, dopo molte ore di guida sul ghiacciaio, sono arrivato, assieme al mio collega islandese Björn Hróarsson, a strapiombo sul sito, a 1500 metri di altitudine e con una temperatura di 28 gradi sotto zero. Una pioggia di scorie aveva già trasformato la superficie innevata del ghiacciaio in un deserto di ceneri scure. Benché indossassimo maschere a gas, caschi e occhialoni, i gas eruttivi rendevano insopportabile fermarsi vicino al cratere per più di pochi minuti. L'arrivo delle colate di lava sul ghiaccio (*si veda il box nella pagina a fronte*) produceva giganteschi pennacchi bianchi di vapore acqueo. Il 30 marzo, tornati sul sito, l'intensità dell'eruzione non era diminuita, e aveva mantenuto il suo carattere non esplosivo.

L'Eyjafjöll, la cui vetta raggiunge i 1660 metri circa, è uno stratovulcano: è composto da un accatastamento di strati di lava, ceneri e altri materiali piroclastici. L'Eyjafjallajökull, la calotta di ghiaccio che lo ricopre, ha un'estensione di 78 chilometri quadrati e uno spessore di circa 200 metri. Il vulcano è costituito da una caldera larga 2500 metri, una vasta depressione che si osserva in cima ad alcune strutture vulcaniche.

I vulcanologi islandesi considerano l'Eyjafjöll come uno dei vulcani meno attivi e pericolosi dell'isola. In epoca storica, è entrato in eruzione per tre volte. La prima risale al 550 d.C.; la seconda, avvenuta nel 1612, ha espulso un milione di metri cubi di materiale. La terza, durata dal 1821 al 1823, è stata un'eruzione fissurale subglaciale che ha scatenato un'inondazione, o disgelo del ghiacciaio, di 4 milioni di metri cubi: un fenomeno che in Islanda è chiamato *jökulhlaup* («corsa del ghiacciaio»). Le ultime due eruzioni sono state seguite da un'eruzione del vulcano vicino, il Katla, che è sormontato dal ghiacciaio Mýrdalsjökull («il ghiacciaio della palude»).

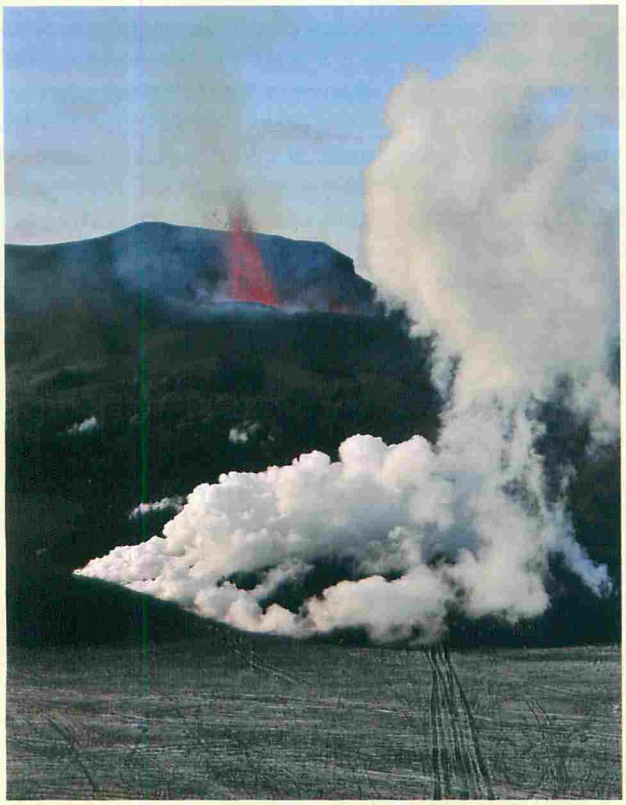
IL 27 MARZO 2010, verso le 21.00, l'Eyjafjöll era nella fase effusiva dell'eruzione, caratterizzata dall'espulsione di lava verso l'alto (*al centro nella foto*) e da colate minori (*in primo piano*). Un cono vulcanico si è così formato sul colle di Fimmvörðu, un'area situata a est della caldera e non ricoperta dal ghiacciaio.

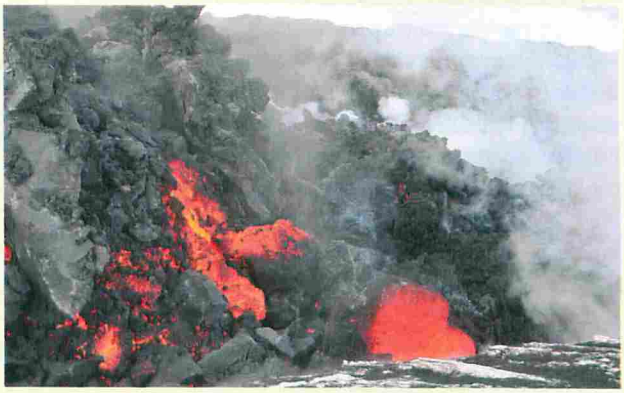
Da circa 16 anni a questa parte l'Eyjafjöll si è manifestato attraverso una serie di eventi sismici, varie migliaia dei quali concentrati nelle settimane precedenti l'eruzione. Tra il 3 e il 5 marzo, per esempio, sono state registrate più di 3000 scosse, alcune delle quali di magnitudo superiore a 3 sulla scala Richter. L'epicentro di questi ultimi eventi era situato tra i sette e i dieci chilometri sotto il vulcano.

Agli esperti, in grado di leggere i sismografi e i segnali GPS (che localizzano gli spostamenti del terreno), quelle scosse raccontavano che la camera magmatica si stava riempiendo. Si tratta di una sacca che si trova qualche chilometro sotto il cratere; il magma vi si accumula, aumenta di pressione e vi matura fino a risalire, prima o poi, in superficie. Questo aumento di pressione si è tradotto al principio in una dozzina di «fontane di lava» di stile hawaiano, che hanno proiettato la lava ver-

cortesia dell'autore

La fase in stile hawaiano





DURANTE LA SUA PRIMA FASE, l'eruzione dell'Eyjafjöll è stata caratterizzata da uno stile hawaiano, con fontane di lava i cui getti hanno raggiunto un centinaio di metri di altezza (*sopra, il 30 marzo*). Pennacchi di vapore comparivano quando la lava entrava in contatto con l'acqua. Il ghiacciaio che sormonta gran parte del vulcano era coperto da una fine coltre di proiezioni piroclastiche (*a sinistra, in primo piano*). Il 27 marzo la colata di basalto, povera di silice e scarsamente viscosa, avanza sul ghiaccio (*a destra in alto*). Il 30 marzo, la colata, più viscosa e costituita di blocchi di lava in parte raffreddati, prosegue la sua avanzata (*a destra in basso*).

so l'alto. La lava si è riversata a est del cratere attraverso una spaccatura che fendeva per 500 metri la striscia di terreno che separa il Mýrdalsjökull e l'Eyjafjallajökull, a livello del colle di Fimmvörðu, a circa 1060 metri di altitudine.

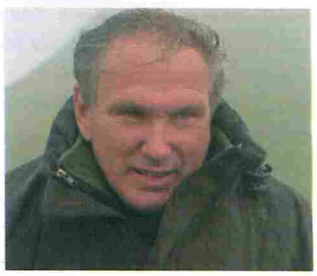
Il 14 aprile è iniziata la seconda fase dell'eruzione, la più violenta. La spaccatura si è bruscamente allungata, fino a misurare dai due ai tre chilometri, raggiungendo i crateri storici dell'Eyjafjöll. Nel corso di questo movimento ha attraversato zone subglaciali, e questo ha fatto entrare il vulcano in una fase esplosiva.

Il carattere esplosivo di un vulcano può essere collegato alla perdita di gas del magma. Quando, nel corso della fase effusiva, la risalita del magma è lenta, il gas sfugge lentamente. Tuttavia la pressione del magma diminuisce mentre si innalza. La miscela di magma e gas si dilata, e questo ne accelera l'ascensione. Variazioni minime nella pressione della camera magmatica provocano quindi forti variazioni della velocità, della pressione e della composizione del gas, fino a far passare l'eruzione alla fase esplosiva.

Nel caso dell'Eyjafjöll, le esplosioni sono state scatenate dalla natura acida del magma (ricco in silicio e piuttosto viscoso) e dal suo contatto con acqua o ghiaccio. La sublimazione del ghiaccio – il passaggio diretto dallo stato solido a quello di vapore – è accompagnata da un aumento del volume e della pressione del gas prodotto: in parole povere, un'esplosione.

Il 14 aprile scorso, dopo l'allargamento della fenditura iniziale, è stata quindi l'acqua proveniente dal ghiacciaio che ha fatto entrare l'Eyjafjöll nella fase esplosiva. Un'eruzione di questo genere, che mescola fuoco e acqua, è detta freatomagmatica. È stato allora che si è formata la nube che ha bloccato il traffico aereo.

L'AUTORE



MICHEL DETAY è geologo e presidente della Schematics Ltd. di Hong Kong.

cortesia dell'autore

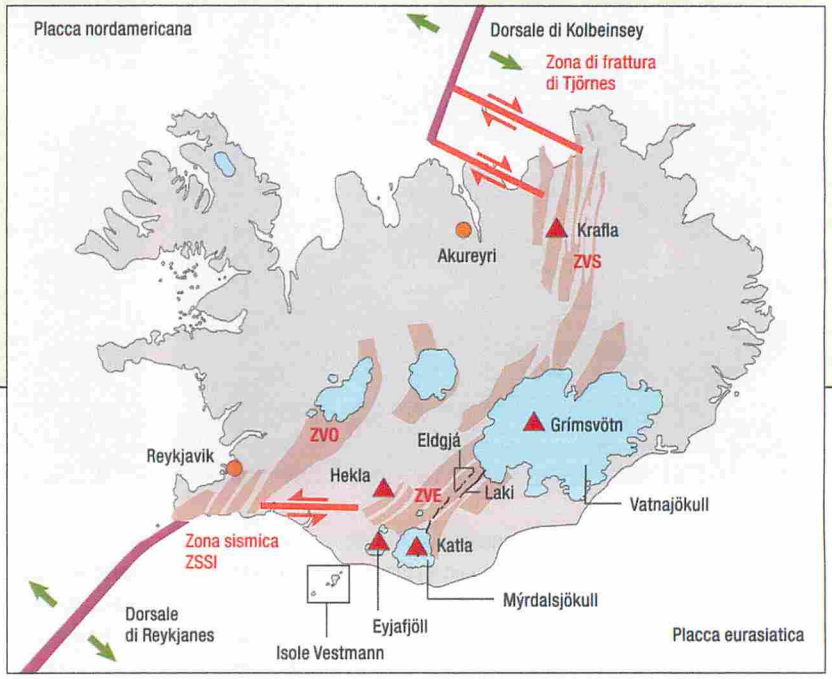
Una struttura geologica inquieta

L'Islanda si trova al di sopra della dorsale medioatlantica, che separa la placca litosferica eurasiatica e quella nordamericana. Lungo l'asse della dorsale, la risalita di lave basaltiche provenienti dal mantello terrestre crea una nuova crosta oceanica, mentre le due placche si allontanano circa di un centimetro all'anno (la cosiddetta espansione oceanica). Si forma così una catena vulcanica sottomarina, che può innalzarsi fino a 1500 metri di altezza rispetto al fondo dell'oceano.

L'Islanda è emersa intorno a 20 milioni di anni fa, quando un *hot spot*, una zona dove il magma risale dal mantello inferiore lungo un «pennacchio caldo», ha prodotto nell'asse della dorsale un gigantesco volume di lava che si è accumulato al di sopra del rilievo sottomarino. A causa del movimento delle placche, l'hot spot che 20 milioni di anni fa liberò il magma fino al livello della parte occidentale dell'isola oggi si troverebbe sotto il ghiacciaio Vatnajökull, a est.

Gli studi strutturali, geofisici e geochimici hanno mostrato che la dorsale medioatlantica soggiacente (chiamata a sud dorsale di Reykjanes e a nord dorsale di Kolbeinsey) si divide, sotto il territorio islandese, in tre zone di rift, (*si veda la figura in basso*): a sud la zona vulcanica occidentale (ZVO) e la zona vulcanica orientale (ZVE), a nord la zona vulcanica settentrionale (ZVS). A sud, le zone vulcaniche orientale e occidentale sono collegate da una serie di faglie trasformanti in direzione ovest-est lunghe da 70 a 80 chilometri, la zona sismica sud-islandese (ZSSI), dove si verificano regolarmente eventi sismici che possono raggiungere una magnitudo 7 della scala Richter. L'eruzione dell'Eyjafjöll è stata quindi preceduta da migliaia di piccoli sismi.

Gli ultimi risultati dell'Istituto islandese di



Più leggeri dell'aria

Subito dopo essersi formata, la nuvola si è innalzata fino a 11 chilometri di quota, vale a dire ai primi strati della stratosfera. La nube era costituita da un aerosol di vapore d'acqua, gas vulcanici vari e frammenti di roccia solida, i piroclasti, espulsi dal vulcano. Durante tutte le eruzioni esplosive, le dimensioni di questi frammenti variano da diversi metri – è il caso di alcune bombe vulcaniche – a qualche micrometro nel caso delle particelle più sottili, le ceneri.

Settantadue ore dopo l'inizio della seconda fase eruttiva, secondo le stime dell'Istituto islandese di scienze della Terra l'Eyjafjöll aveva già emesso 150 milioni di metri cubi di piroclasti. Non compattati, questi materiali corrispondono a 70-80 milioni di metri cubi di magma. La produzione media di magma ha raggiunto una portata da 10 a 20 volte superiore a quella della prima fase eruttiva: 750 tonnellate al secondo.

All'Istituto islandese di scienze della Terra alcuni geologi hanno analizzato un campione delle ceneri. Circa un quarto di esse misurava meno di dieci micrometri; un altro quarto era costituito da ceneri grandi tra 146 e 294 micrometri. La finezza, e quindi la leggerezza, di queste ceneri spiega l'altitudine raggiunta dalla nuvola, che ha volteggiato in media intorno all'Islanda a circa 3000 metri di quota.

Nell'arco di una settimana, una volta consumatosi il «carburante» del vulcanismo esplosivo, vale a dire il ghiaccio a strapiombo della fenditura eruttiva, l'eruzione dell'Eyjafjöll ha smesso di essere freatomagmatica. Il volume dei piroclasti emessi si è quindi considerevolmente ridotto anche se l'eruzione è continuata.

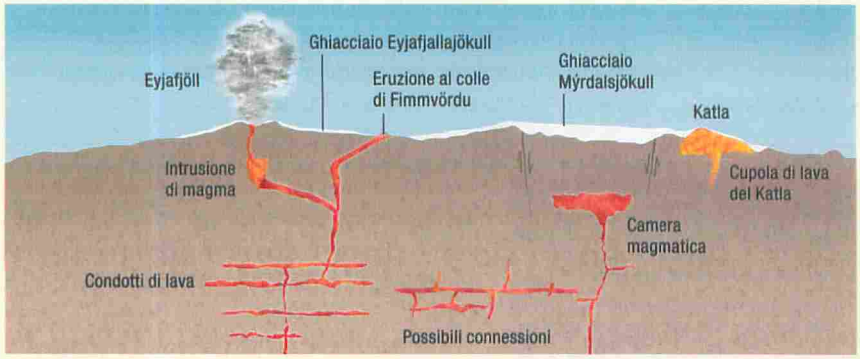
Qual è il bilancio di questo episodio vulcanico? Ricorderemo senz'altro a lungo i disagi e le disavventure dei milioni di passeggeri bloccati dall'interdizione degli spazi aerei e le centinaia di milioni di euro perduti dalle compagnie aeree. Ma l'eruzione ha avuto conseguenze anche per la popolazione islandese.

Acqua, ceneri e fango

Le autorità locali avevano fatto prudentemente evacuare circa 600 persone fin dall'inizio dell'eruzione dell'Eyjafjöll: si sono prodotti vari *jökulhlaup* – i disgeli di ghiacciaio ricordati prima a

scienze della Terra e del Centro vulcanologico nordico (IES-NVC) consentono di avanzare una ricostruzione teorica della recente eruzione. La prima fase ha emesso un basalto olivinico caratterizzato da un'origine profonda (circa 25 chilometri). Dopo una temporanea pausa della migrazione del magma da 6 a 10 chilometri di profondità, il magma è emerso lungo una fenditura laterale del vulcano, al colle di Fimmvördu (*si veda la figura qui sotto*). Dopo 24 giorni di eruzione continua all'imboccatura di questa fenditura, la seconda fase dell'eruzione è stata caratterizzata da un magma acido di tipo trachiandesitico. Le caratteristiche di questo secondo magma sarebbero dovute alla cristallizzazione naturale del magma iniziale ma anche a una mescolanza di basalti olivinici di origine profonda e daciti di origine più superficiale che sono in pratica i residui dell'eruzione del 1821-1823. Questa mescolanza sarebbe poi risalita per traboccare a sud-ovest dell'eruzione iniziale, nel cratere storico dell'Eyjafjöll.

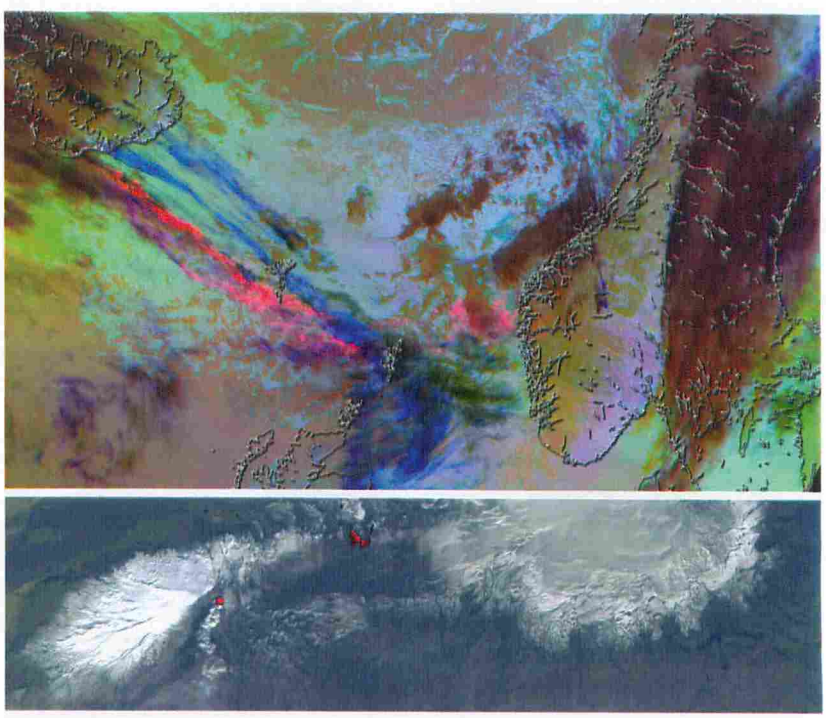
L'Eyjafjöll e il Katla sono fuori dalla zona di divergenza delle placche, situata più a nord. Le loro eruzioni dipenderebbero dalla risalita del magma dell'hot spot islandese e dall'influenza della zona di faglia ZSSI. Tuttavia, sembrano collegati alla zona vulcanica orientale attraverso fenditure che li congiungono qua e là alle catene dell'Eldgjá e del Laki, tipiche di un vulcanismo di rift, dove sono avvenute le eruzioni più imponenti. L'esistenza di questi collegamenti spiegherebbe da un lato perché due delle eruzioni dell'Eyjafjöll hanno preceduto quelle del Katla, nel 1612 e nel 1823, e dall'altro perché l'eruzione dell'Eldgjá del 934-940 è stata causata da una fenditura ingranditasi sul fianco nord del massiccio del Katla.



proposito dell'eruzione del 1821 – in particolare il 14 aprile, con una portata da 1500 a 2000 metri cubi al secondo. Queste ondate d'acqua e fango posso avere conseguenze catastrofiche (*si veda il box a p. 80*). Oltre ai raccolti persi dagli agricoltori, moltissime strade sono state interrotte dalle inondazioni.

Peraltro, alla superficie dei frammenti piroclastici aderiscono composti chimici che possono essere pericolosi per la salute delle persone e dell'ambiente. Nel 1693, per esempio, il fluoro contenuto nei piroclasti di un altro vulcano in eruzione, l'Hekla, provocò una grave moria di trote, salmoni e animali da fattoria. Tenendo conto di questi rischi, le autorità hanno raccomandato a chi si recava nella zona dell'eruzione di indossare maschera e guanti.

L'acqua di ruscellamento non sembra essere stata contaminata. Tuttavia la zona ricoperta dalle ceneri è uno dei granai dell'Islanda, e una regione di pascolo di montoni, bovini e cavalli islandesi: l'area fornisce il 12 per cento della produzione di latte. Per puro caso, l'eruzione è avvenuta in un momento dell'anno in cui gli animali non sono tenuti in libertà nei campi. Le autorità veterinarie e sanitarie hanno fatto comunque esaminare alcuni campioni, prelevati il 19 aprile, la cui analisi ha rilevato la presenza di 850 milligrammi di fluoro per chilogrammo di ceneri: l'esperienza indica che una



IL PENNACCHIO DI CENERI appare in rosso nell'immagine in alto – una composizione di riprese nell'infrarosso effettuate dal satellite Terra della NASA il 15 aprile 2010 – a causa della presenza di materiali ricchi di silice, mentre le nubi in cui è abbondante il ghiaccio appaiono in blu. L'immagine in basso, sempre del satellite NASA, è del 19 aprile: i due punti rossi sono due zone di eiezione della lava, a sinistra c'è la bocca eruttiva responsabile del pennacchio di ceneri e al centro appare la prima zona eruttiva apertasi il 20 marzo. A destra è visibile il ghiacciaio Mýrdalsjökull, che ricopre il Katla.

NASA/GSFC/METI/ERSDAC/JAROS/Japan ASTER (*19 aprile*); NASA GSFC/JPL (*15 aprile*)

I jökulhlaup: inondazioni catastrofiche

I *jökulhlaup* (letteralmente «corse del ghiacciaio») sono inondazioni catastrofiche dovute a un'eruzione subglaciale e al violento riversarsi dell'acqua in seguito al brusco svuotamento del lago glaciale. Si tratta di una forma di *lahar*, parola indonesiana che indica una colata fangosa di origine vulcanica.

Uno dei jökulhlaup più imponenti avvenne il 29 settembre 1996, quando il vulcano Grímsvötn è entrato in eruzione sotto il Vatnajökull (il «ghiacciaio dei fiumi»), il più grande ghiacciaio d'Europa, vasto 8300 chilometri quadrati e con uno spessore di ghiaccio da 400 a 1000 metri. Quel giorno l'eruzione subglaciale provocò lo scioglimento dei ghiacci a una quota di 600 metri, lungo una spaccatura di tre chilometri e mezzo di lunghezza e 500 metri di larghezza. Il lago al centro della caldera raggiunse quindi il volume critico di tre chilometri cubi.

Il 5 novembre 1996, alle 8.30 del mattino, il jökulhlaup si abbatte sulla pianura Skeidarár. In brevissimo tempo, la portata del fiume Skeidará aumenta fino a moltiplicarsi per 100 nell'arco di due ore, trasportando blocchi di ghiaccio che possono arrivare a 15 metri di altezza. Cinquanta chilometri separano il Grímsvötn dal luogo in cui si produce l'inondazione. Dopo 52 ore di piena, nella notte tra il 7 e l'8 novembre 1996, il fenomeno si conclude: tutto il ghiaccio a contatto con la lava si è ormai sciolto.

Qualche numero consente di avere la misura delle dimensioni dell'evento. La portata del fiume è passata da 70 a 53.000 metri cubi al secondo (vale a dire circa 35 volte la portata media del Po) e un'onda alta da tre a cinque metri è dilagata nella pianura, facendo traboccare il fiume per una larghezza di 50 chilometri; la valanga di fango, che trasportava 100 milioni di tonnellate di materiali vulcanici, ha formato una scia di 15 chilometri nell'oceano Atlantico.

Buoni modelli

La nube di cenere prodotta dall'Eyjafjöll sarà probabilmente ricordata come l'evento che ha tenuto a terra gli aerei di mezza Europa, ma i vulcanologi la ricorderanno soprattutto per la sfida, non solo scientifica, che ha rappresentato: misurare e prevedere la dispersione della cenere nell'atmosfera, informazioni su cui si basa la gestione del traffico aereo. Come altri rischi naturali, le eruzioni vulcaniche possono essere descritte con modelli matematici e simulazioni numeriche, mediante cui è possibile rappresentare, risolvendo le equazioni di trasporto della fisica, la dinamica del fenomeno eruttivo.

Per il vulcano islandese si trattava di tracciare le direzioni di dispersione delle particelle micrometriche prodotte e di quantificarne la concentrazione nei vari strati dell'atmosfera. In questo è consistito il compito del Volcanic Ash Advisory Center (VAAC) di Londra, le cui simulazioni, realizzate con un modello in grado di descrivere i processi di sedimentazione e diffusione delle diverse particelle nonché il loro trasporto sulla base delle previsioni meteo, hanno permesso di definire le zone che sarebbero state influenzate, nelle successive 24 ore, da concentrazioni di cenere pericolose per gli aerei. Quali prove abbiamo che le previsioni siano state sufficientemente accurate? Su questo punto non è ancora possibile trarre conclusioni. Certamente il modello adottato è riuscito a riprodurre le principali strutture della nube ricostruite tramite osservazioni satellitari. Era stato applicato, peraltro, in precedenti eruzioni, e confrontato con modelli analoghi fornendo risultati soddisfacenti. Infine, l'aver evitato incidenti in una crisi di questa dimensione deve essere considerato, di per sé, un indubbio successo. Ciò detto, non possiamo dimenticarne i limiti. Essendo una rappresentazione semplificata del fenomeno reale, il modello è affetto da un errore la cui dimensione deve essere quantificata e considerata. Poter contare su previsioni fatte con più modelli avrebbe probabilmente avuto il vantaggio di evidenziare meglio le approssimazioni di ciascuno di essi e di poter presentare i risultati in termini probabilistici. Analogamente, le previsioni sono influenzate dall'accuratezza dei dati forniti in ingresso al modello. Perciò avere osservazioni continue della colonna vulcanica è fondamentale per ridurre gli errori. Infine è fondamentale conoscere la vulnerabilità dei motori alla quantità di cenere in essi accumulabile. Finora questi dati sono molto scarsi, causando una grossa incertezza sul reale pericolo associato alle concentrazioni previste.

Quantificare l'incertezza delle previsioni, integrare nei modelli le osservazioni, realizzare efficaci reti di misura delle ceneri, disporre di più dati sulla vulnerabilità degli aerei: sono questi i problemi, ma anche le opportunità, che l'eruzione islandese ci ha messo davanti per realizzare una sistema di gestione del rischio da ceneri vulcaniche più accurato e affidabile.

***Augusto Neri*, Istituto nazionale di geofisica e vulcanologia, Pisa**

concentrazione tre volte più bassa è sufficiente a provocare avvelenamenti negli animali. Il 21 aprile scorso le autorità hanno quindi raccomandato di proteggere gli animali rimasti all'aperto nelle zone di ricaduta dei piroclasti.

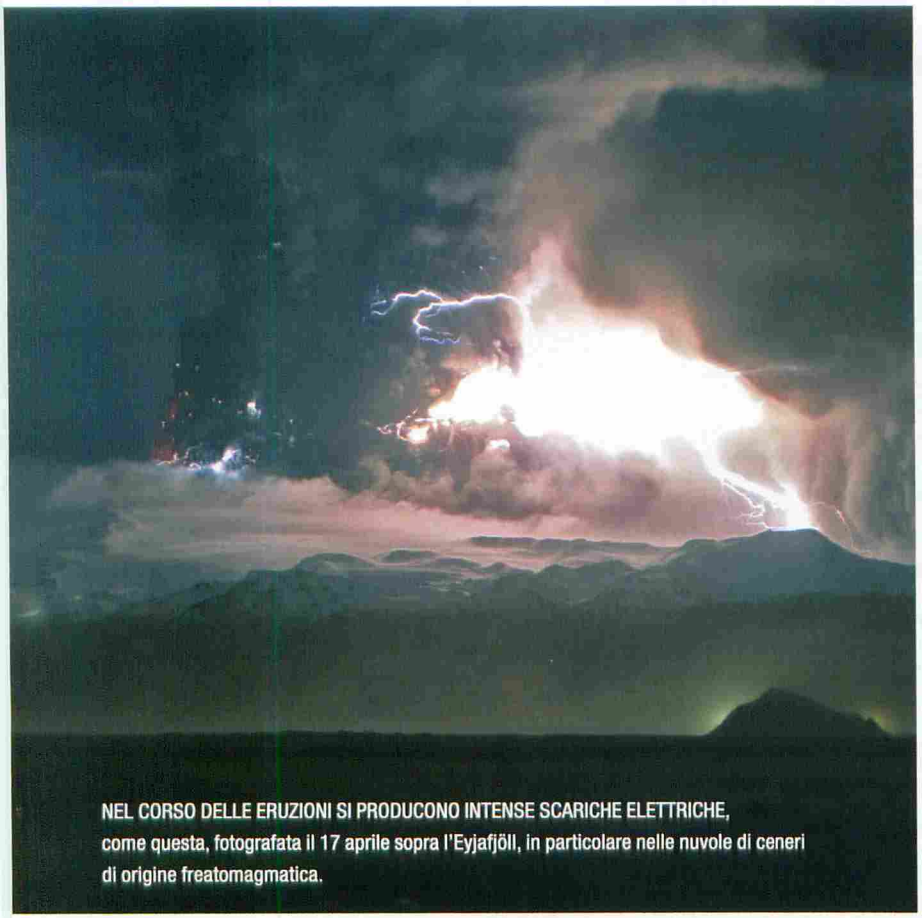
Un ultimo, serio rischio preoccupa le popolazioni locali: si tratta dei fulmini prodotti dalle eruzioni vulcaniche, in modo particolare da quelle freatomagmatiche (*si veda l'immagine a fronte*). Questi fulmini provengono dall'elettricità statica trasportata dalle molecole di gas e di particelle in sospensione. Gli archivi islandesi conservano dal 1715 i documenti riguardanti due persone colpite dai fulmini durante un'eruzione del Katla benché vivessero a 30 chilometri dal vulcano.

La crisi dell'Eyjafjöll ci ricorda che la popolazione islandese vive, letteralmente, su un vulcano. Che questa eruzione non abbia provocato gravi catastrofi né vittime che le siano direttamente imputabili potrebbe essere soltanto un fatto temporaneo. I vulcanologi, infatti, si chiedono se l'eruzione dell'Eyjafjöll non possa propagarsi al Katla, con conseguenze di ampiezza e gravità ben superiori a quelle dell'eruzione attuale.

Il risveglio del Katla

Il Katla si trova al centro del Mýrdalsjökull, un ghiacciaio la cui superficie, di 596 chilometri quadrati, è circa otto volte maggiore di quella dell'Eyjafjallajökull. Situato una ventina di chilometri a est dell'Eyjafjöll, il Katla è conosciuto come uno dei vulcani più pericolosi dell'Islanda e uno dei più potenti del mondo. Ed entra in eruzione con una certa regolarità, ogni 40-80 anni circa, producendo quantità notevoli di lava e ceneri. Negli ultimi 11 secoli è stata documentata una ventina di eruzioni; l'ultima, avvenuta nell'ottobre

cortesia dell'autore



NEL CORSO DELLE ERUZIONI SI PRODUCONO INTENSE SCARICHE ELETTRICHE, come questa, fotografata il 17 aprile sopra l'Eyjafjöll, in particolare nelle nuvole di ceneri di origine freatomagmatica.

T. Boeckel

1918, è durata circa tre settimane. La sua caldera, ampia circa 110 chilometri quadrati, è ricoperta da una coltre di ghiaccio spessa intorno ai 400 metri. Di conseguenza i disgeli innescati dalle sue eruzioni sono particolarmente imponenti, e trasportano quantità gigantesche di acqua, ghiaccio e fango. Poche ore dopo essere iniziata, per esempio, l'eruzione del 1918 aveva già provocato un disgelo tale da riversare nella pianura del Myrdalssandur, a est del vulcano, dai 200.000 ai 400.000 metri cubi di detriti al secondo, vale a dire due volte la portata del Rio delle Amazzoni. Altri due jökulhlaup, meno imponenti, si sono verificati nel 1995 e nel 1999, apparentemente a causa di una recrudescenza dell'attività vulcanica.

Poiché l'Eyjafjöll e il Katla sono vicini e si trovano nella stessa zona tettonica (*si veda il box a pp. 78-79*), vulcanologi e geofisici, tra cui Páll Einarsson, dell'Istituto islandese di scienze della Terra, temono che l'eruzione dell'uno risvegli l'altro, come è già accaduto nel 1612 e nel 1823. D'altro canto i due vulcani sono collegati al sistema tettonico e vulcanico del Laki e dell'Eldgiá, due grandi fenditure vulcaniche a nord-est del Mýrdalsjökull, responsabili delle maggiori eruzioni storiche. Quella del Laki (o Lakagigar), durata dal giugno 1783 al febbraio 1784, fu scatenata dall'apertura di una fenditura di 27 chilometri, lungo la quale si formarono 130 coni vulcanici. All'estremità di questa fenditura il vulcano Grímsvötn è rimasto attivo dal 1783 al 1785. Si calcola che l'eruzione abbia prodotto 15 chilometri cubi di lava basaltica, acido fluoridrico e anidride solforosa; in atmosfera sarebbero stati liberati 250 milioni di tonnellate di anidride solforosa, equivalenti a tre volte le emissioni industriali di un anno in Europa, pari, ogni tre giorni, a un'eruzione come quella del Pinatubo nel 1991.

Solamente una prova

L'eruzione del Laki provocò la morte dell'80 per cento degli ovini in Islanda e del 50 per cento del resto del bestiame. La carestia che ne seguì uccise più del 20 per cento della popolazione. Poiché l'emissione di anidride solforosa coincise con condizioni climatiche insolite, una spessa nebbia contenente acido solforico si sparse su tutta l'Europa occidentale, provocando migliaia di morti tra l'estate del 1783 e l'inverno del 1784. Inoltre gli aerosol prodotti causarono un raffreddamento di tutto l'emisfero settentrionale, caratterizzato da alcuni inverni molto rigidi in Europa.

L'eruzione dell'Eldgiá ((la «gola di fuoco»), verificatasi tra il 934 e il 940 d.C., e di cui sappiamo molto meno, è la più importante fonte di inquinamento vulcanico in epoca storica. Il volume di lava emesso da questa fenditura lunga 50 chilometri può essere paragonato a un muro largo 20 metri, lungo 840 chilometri (più o meno la distanza tra Milano e Bari) e alto un chilometro. L'eruzione disperse in atmosfera 219 tonnellate di anidride solforosa, venti volte più del Pinatubo.

La storia geologica dell'Islanda suggerisce quindi che l'eruzione dell'Eyjafjöll potrebbe essere il primo passo verso un evento di portata assai più ampia, che potrebbe avvenire in un futuro calcolato tra qualche centinaio e qualche migliaio di anni. Se l'ipotesi dovesse concretizzarsi, questo avvenimento dalle ripercussioni mondiali si rivelerebbe relativamente minore.

Che cosa potrebbe accadere con l'eruzione di un supervulcano come Yellowstone, nel Wyoming, che si prevede cento volte più potente di quella del Laki? E se si risistemassero i *trapp*, enormi campi basaltici di oltre un milione di chilometri cubi di lava equivalenti a 50.000 Laki? Misurata secondo il metro di eventi simili, che non sono improbabili, l'eruzione dell'Eyjafjöll è stata solamente una prova. E non solo per la gestione del traffico aereo europeo... ■

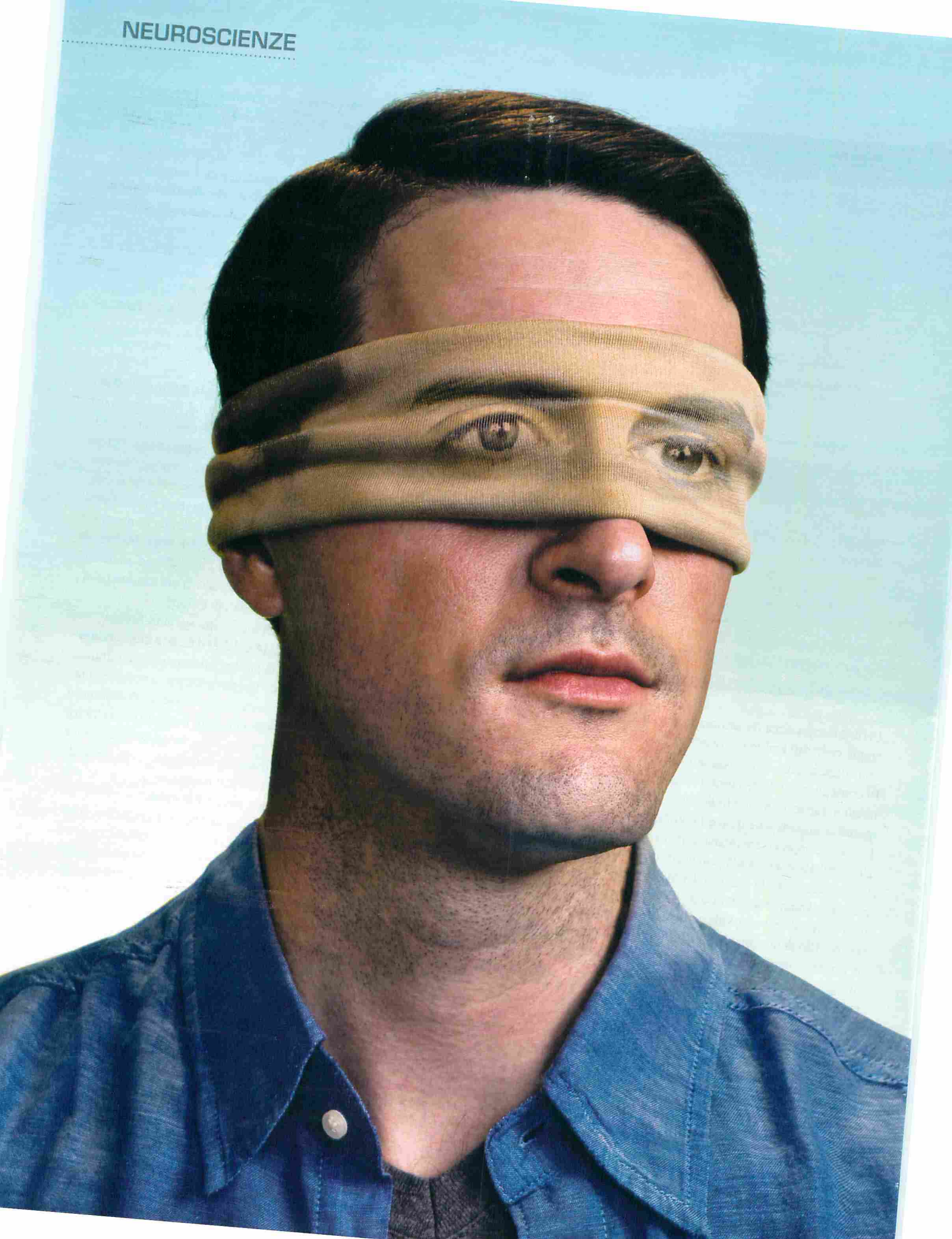
Letture

Katla and Eyjafjallajökull volcanoes. Sturkell E. e altri, in «Developments in Quaternary Sciences», Vol. 13, pp. 5-21, 2010.

Witnessing the impact of the 1783-1784 Laki eruption in the Southern hemisphere. Trigo R.M. e altri., in «Climate Change», Vol. 99, pp. 535-546, 2010.

Iceland. T. Thordarson e Hoskuldsson A., Ed. Terra, 2006.

Dynamics of volcanic systems in Iceland: Example of tectonism and volcanism at juxtaposed hot spot and mid-ocean ridge systems. Gudmundsson A., in «Annual Review of Earth and Planetary Sciences», Vol. 28, pp. 107-140, 2000.



La visione cieca

Alcune persone che hanno perso la vista per un danno cerebrale reagiscono alle emozioni espresse dai volti e aggirano ostacoli, anche se non ne sono consapevoli. La ricerca sta scoprendo i meccanismi di questo fenomeno

di Beatrice de Gelder

Il video che ho girato con i colleghi è sorprendente. Un cieco cammina in un corridoio in cui ci sono scatoloni, sedie e altri arredi da ufficio. L'uomo, che i medici conoscono con la sigla TN, non sa che il corridoio è disseminato di ostacoli, eppure li evita tutti, spostandosi tra un cestino e la parete o aggirando il treppiede di una macchina fotografica, del tutto ignaro di avere compiuto manovre speciali. TN è cieco, però è dotato della cosiddetta «visione cieca», la capacità di rispondere a quello che i suoi occhi rilevano senza che si traduca nella consapevolezza di vedere qualcosa.

La cecità di TN è molto rara, ed è stata causata da due ictus che lo hanno colpito nel 2003. Gli eventi hanno prodotto lesioni in un'area nella parte posteriore del cervello, la corteccia visiva primaria: prima nell'emisfero sinistro e, cinque settimane dopo, in quello destro. I suoi occhi funzionano alla perfezione, ma dato che la corteccia visiva non riceve più i loro segnali, TN è cieco.

Lo studio in cui TN si orienta nel corridoio è probabilmente la dimostrazione più clamorosa di visione cieca mai riportata in letteratura. Sono stati descritti casi – meno spettacolari ma non meno misteriosi di questo – di altri pazienti che hanno perso la vista per un danno alla corteccia visiva primaria. Anch'essi sono capaci di reagire a elementi ed eventi che non vedono coscientemente: da forme geometriche semplici all'immagine complessa del volto di una persona che esprime un'emozione. Gli scienziati hanno indotto questo effetto anche nelle persone dotate di una visione normale, «disattivando» temporaneamente la loro corteccia visiva, o ingannandola.

Oggi le ricerche sulla visione cieca puntano a individuare la gamma di capacità percettive preservate nelle persone affette da cecità corticale e a stabilire quali regioni cerebrali e vie neuronali ne sono responsabili. Le eventuali scoperte potranno riguardare ciascuno di noi. Infatti, anche se quasi mai siamo vittime di danni catastrofici paragonabili a quelli di TN, le stesse funzioni cerebrali inconsce presenti in quest'uomo – come l'incredibile capacità di vedere senza saperlo – sono certamente un elemento costante, se pure invisibile, della nostra esistenza quotidiana.

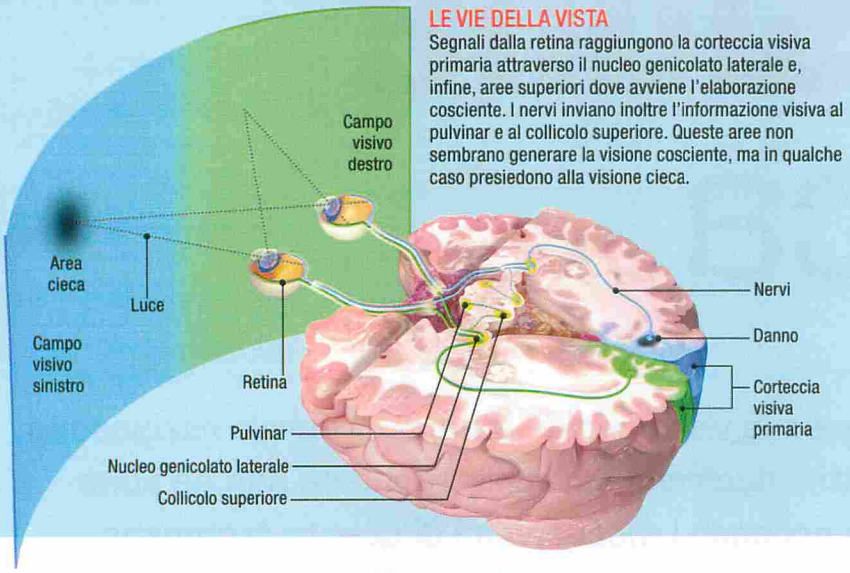
IN SINTESI

- Alcune persone cieche a causa di un danno al cervello manifestano la cosiddetta «visione cieca», cioè risposte a oggetti e immagini che non percepiscono in modo cosciente.
- La visione cieca rileva molti tratti visivi, come i colori, il movimento, le forme semplici e l'emozione espressa dal volto o dalla postura di una persona.
- I ricercatori stanno individuando le aree cerebrali ancestrali responsabili della visione cieca, per esplorare i limiti di questa capacità.

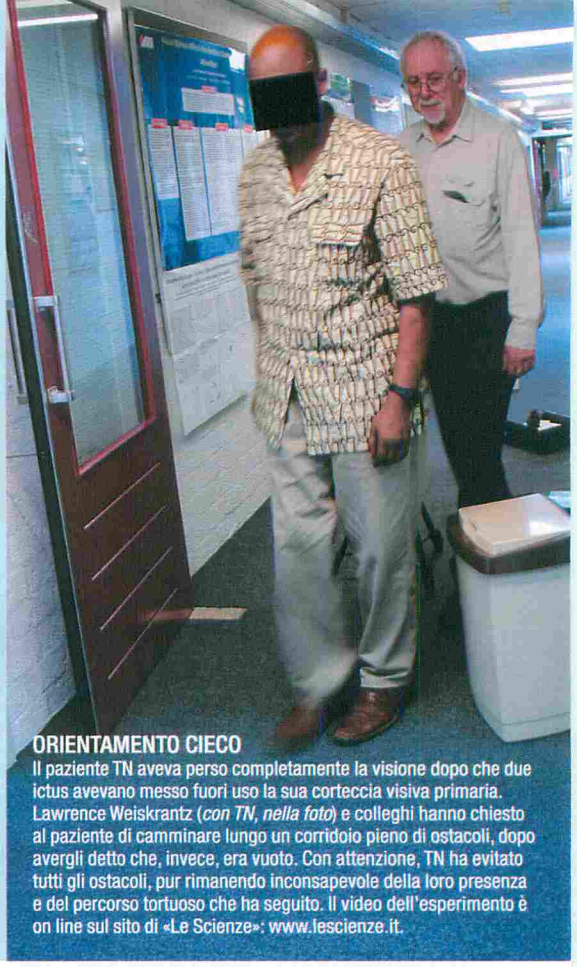
Darren Braun

Che cos'è la visione cieca?

Nell'uomo la visione cosciente dipende da una specifica regione cerebrale, la corteccia visiva primaria (*in basso*). Un danno in quest'area causa cecità in aree corrispondenti del campo visivo. «La visione cieca» si manifesta quando i pazienti rispondono in qualche modo a un elemento esposto nella loro area cieca, dove non possono vederlo coscientemente. Nella più clamorosa manifestazione del fenomeno, un paziente chiamato TN ha evitato ostacoli lungo un percorso nonostante la sua cecità totale (*a destra*).



LE VIE DELLA VISTA
Segnali dalla retina raggiungono la corteccia visiva primaria attraverso il nucleo genicolato laterale e, infine, aree superiori dove avviene l'elaborazione cosciente. I nervi inviano inoltre l'informazione visiva al pulvinar e al collicolo superiore. Queste aree non sembrano generare la visione cosciente, ma in qualche caso presiedono alla visione cieca.



ORIENTAMENTO CIECO
Il paziente TN aveva perso completamente la visione dopo che due ictus avevano messo fuori uso la sua corteccia visiva primaria. Lawrence Weiskrantz (*con TN, nella foto*) e colleghi hanno chiesto al paziente di camminare lungo un corridoio pieno di ostacoli, dopo avergli detto che, invece, era vuoto. Con attenzione, TN ha evitato tutti gli ostacoli, pur rimanendo inconsapevole della loro presenza e del percorso tortuoso che ha seguito. Il video dell'esperimento è on line sul sito di «Le Scienze»: www.lescienze.it.

Una storia controversa

Già nel 1917 alcuni medici riferirono casi analoghi alla visione cieca, che definirono «visione residua», in soldati feriti durante la prima guerra mondiale. Sarebbe però trascorso ancora mezzo secolo prima di una ricerca più sistematica e oggettiva su questa facoltà. Per cominciare, nel 1967 Lawrence Weiskrantz e il suo allievo Nicholas K. Humphrey, dell'Università di Cambridge, studiarono scimmie trattate chirurgicamente. Poi, nel 1973, fu la volta di Ernst Pöppel, Richard Held e Douglas Frost, del Massachusetts Institute of Technology, che misurarono i movimenti oculari di un paziente e scoprirono che tendeva a guardare verso stimoli che non poteva vedere coscientemente.

Queste scoperte diedero il via a ulteriori indagini su animali privi della corteccia visiva primaria (o V1), dirette in buona parte dallo stesso Weiskrantz. E diverse ricerche stabilirono che gli animali conservano significative abilità visive dopo la rimozione della corteccia visiva, per esempio la capacità di rilevare il movimento e di distinguere le forme.

Inoltre, sempre nel 1973, Weiskrantz cominciò alcuni studi su una persona, indicata come DB, che poco tempo prima aveva perduto parte della corteccia visiva a causa di un intervento chirurgico per rimuovere una massa tumorale. All'inizio però la comunità scientifica accolse con scetticismo questi rapporti sulla visione cieca nell'uomo.

Ormai è chiaro che il numero di pazienti con danni alla corteccia visiva che manifesta la visione cieca è più alto di quanto calcolato in passato

Questa incredulità non sorprende, dato che questo fenomeno percettivo sembra sfidare la logica, addirittura pare contraddittorio. Come è possibile vedere senza sapere che stiamo vedendo? Come non ha senso sostenere di non sapere se proviamo dolore quando, invece, quel dolore lo proviamo davvero, così è apparentemente senza senso presumere che una persona veda qualcosa quando dice di essere cieca.

Ma non sempre sappiamo di poter vedere, come non sempre sappiamo di non poterlo fare. Il rapporto tra vedere e sapere è più complicato di quanto immaginiamo. Per esempio le persone con una vista normale hanno una macchia cieca nella retina, sebbene quasi mai siano consapevoli di questo buco nella vista, né siano menomate per questo.

Un'altra ragione dell'incredulità era la scarsità di prove ricavate dall'uomo: sono rari i soggetti affetti da cecità corticale che possiamo studiare. Negli adulti la corteccia visiva primaria è larga pochi centimetri. Di rado, quindi, un danno rimane confinato in quest'area e mette fuori uso solo la visione del paziente, lasciando intatte altre facoltà. Questo sarebbe sufficiente per ricerche interessanti sulle facoltà percettive residue. Eppure ora è chiaro che molti più pazienti con un danno alla corteccia visiva manifestano la visione cieca, rispetto alla cifra stimata dagli scienziati in passato. E così lo scetticismo è sparito.

Keith Kasnot (*illustrazione*); Beatrice De Gelder (*fotografia*)

La maggior parte di questi pazienti conserva una funzionalità parziale della corteccia visiva primaria. Molti presentano un danno solo in una modesta parte di V1, che crea piccole isole di cecità nel campo visivo; altri perdono l'intera metà sinistra, oppure destra, di V1, che li rende ciechi nella metà corrispondente (opposta) del campo visivo. In questi casi la visione cieca implica la percezione di immagini presentate nell'area cieca, dove il paziente non le vede in modo cosciente.

I metodi tradizionali per studiare la visione nell'uomo si basavano sulle risposte verbali dei soggetti riguardo le loro percezioni. Sottoposti a questi test, i pazienti riferivano di non vedere nulla nella parte cieca del loro campo visivo. Ma metodi più indiretti rivelano che in realtà questi stimoli visivi non visti influenzano il tipo di risposta.

In alcuni esperimenti i pazienti mostrano – come segni di visione inconscia – evidenti cambiamenti fisiologici, come la contrazione della pupilla. Inoltre i soggetti reagiscono in modo diverso a elementi mostrati nel campo visivo integro in funzione degli elementi presentati nello stesso momento nel campo visivo cieco. Quando si chiede al paziente di indovinare quali elementi, tra diversi alternativi, gli vengono mostrati nel campo cieco, quasi sempre la risposta è corretta.

Altro importante strumento per gli esperimenti è l'*imaging* cerebrale, che offre prove dirette delle regioni del cervello coinvolte nella visione cieca e delle vie lungo cui viaggia l'informazione visiva. Le neuroimmagini hanno contribuito a fugare i sospetti residui secondo cui parti risparmiate della corteccia potessero spiegare la visione rimanente.

Nell'insieme, questi diversi esperimenti hanno rivelato che possiamo percepire inconsciamente un'ampia gamma di attributi visivi: colore, forme semplici, quali × e ○, movimenti semplici e orientamento di linee o di griglie. Forme più grandi, come pure dettagli molto fini, sono difficili da individuare. Per esempio i pazienti individuano con più efficacia le caratteristiche di una griglia se le linee sono simili a persiane alla veneziana viste da una distanza compresa tra 1,5 e 4,5 metri.

L'idea di provare esperimenti di orientamento con TN ci è venuta da ricerche che Weiskrantz e Humphrey avevano svolto nel 1974, in cui una scimmia priva di corteccia visiva primaria si muoveva liberamente in una stanza con alcuni ostacoli e non inciampava mai. Eppure siamo rimasti stupiti quando TN si è fatto strada nel corridoio senza urtare gli ostacoli. Test psicofisici personalizzati per valutare la sua visione cosciente non hanno scoperto alcun funzionamento visivo, compreso il riconoscimento di oggetti di grandi dimensioni.

UN ALTRO MODO DI VEDERE

La visione cieca è più forte quando i dettagli visivi hanno dimensioni simili a quelle di una moneta da 50 centesimi vista da una distanza compresa tra 1,5 e 4,5 metri. Questo tipo di visione può rilevare alcune proprietà visive di base, tra cui:

- Forme semplici
- Serie di linee
- Movimento
- Colore
- Orientamento di linee

▲ LA VISIONE CIECA riconosce anche le emozioni espresse da una persona, ma non riconosce quella stessa persona o quale sia il suo sesso.

La capacità di TN di muoversi lungo il corridoio ricordava vagamente il sonnambulismo, altro fenomeno in cui manifestiamo una capacità comportamentale senza essere consapevoli delle nostre azioni. Dopo l'esperimento TN ha sostenuto di avere semplicemente camminato lungo il corridoio: non solo era inconsapevole di non vedere ma era anche ignaro di come fosse riuscito a evitare oggetti per lui invisibili. TN aveva difficoltà a spiegare o anche solo a descrivere le sue azioni.

Visione cieca per le emozioni

Spostarsi fisicamente è uno dei compiti fondamentali per un animale, dunque non dovrebbe sorprendere il fatto che il cervello disponga di sistemi di sostegno all'orientamento anche quando la corteccia visiva primaria e la visione cosciente sono impedite. E, come specie sociale, l'uomo dipende dalla comunicazione con i suoi simili, quindi dovrà riconoscere altre persone, insieme ai loro gesti e ai segni che denunciano i loro pensieri. Partendo da queste considerazioni, verso la fine degli anni novanta ho cominciato a domandarmi se le persone con un danno corticale individuavano manifestazioni visive, come l'emozione su un volto o il significato di una postura del corpo, nelle parti di solito inaccessibili del loro campo visivo.

Nel 1999 abbiamo fatto alcuni test usando filmati di volti. In genere gli scienziati li considerano complessi sotto il profilo visivo, molto più difficili da elaborare rispetto a griglie e altre forme elementari, eppure un volto è una forma naturale da gestire per il cervello. Un nostro paziente, GY, aveva perso l'intera corteccia visiva sul lato sinistro da bambino ed era diventato cieco nel lato destro del campo visivo. Abbiamo scoperto che GY indovinava subito l'espressione delle facce che non percepiva in modo cosciente, e però sembrava cieco a una serie di attributi facciali non emozionali, quali il genere e l'identità personale.

Per approfondire lo studio della visione cieca delle emozioni, nel 2009 abbiamo sfruttato il contagio emotivo, cioè la tendenza a stabilire una corrispondenza tra le proprie espressioni facciali e quelle degli altri individui che vediamo. Il contagio emotivo viene misurato con un'elettromiografia facciale: alcuni elettrodi applicati al volto registrano i segnali nervosi che raggiungono i muscoli coinvolti nelle espressioni sorridenti oppure corrucciate. Abbiamo usato questa tecnica con GY e DB mentre mostravamo loro immagini statiche di volti e corpi che esprimevano felicità o paura.

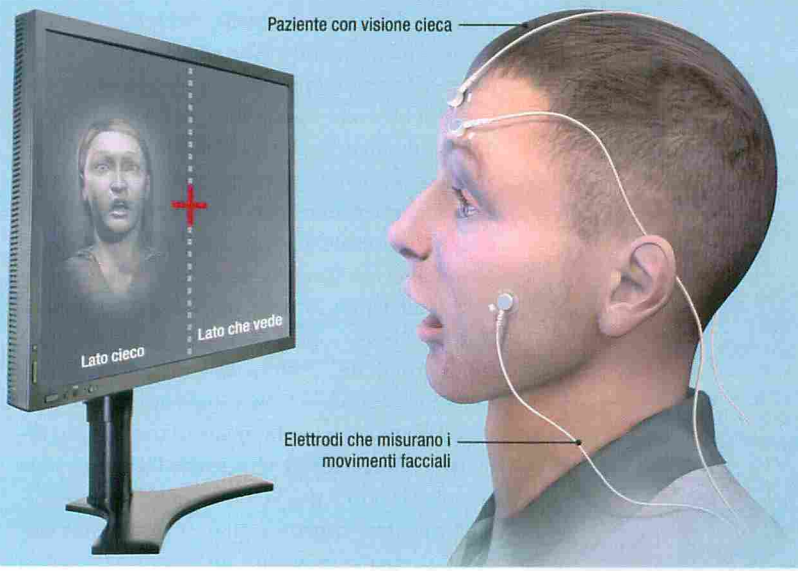
Gli stimoli hanno scatenato reazioni emotive misurate con l'elettromiografia, a prescindere dal fatto che l'immagine fosse sul lato vedente o su

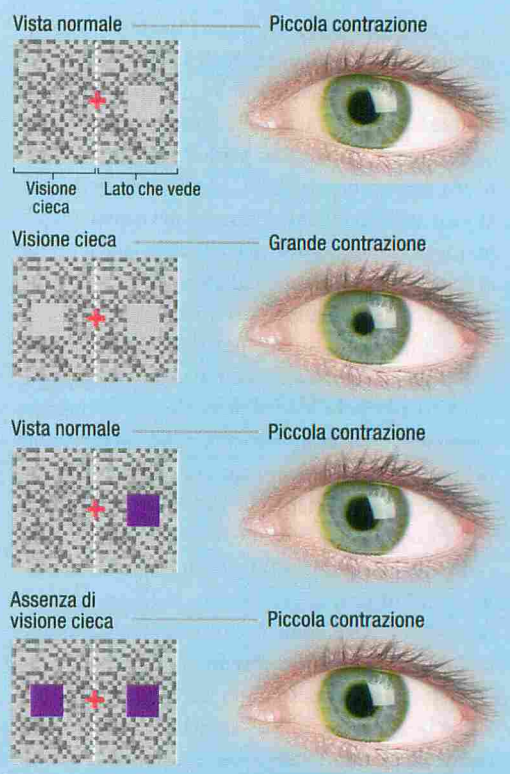
Anthony Marsland/Getty Images (*persona felice*); Getty Images (*persona triste*)

Lo studio della visione cieca

La cecità corticale totale come quella di TN è rara, quindi spesso gli studi sulla visione cieca riguardano pazienti ciechi da un solo lato del campo visivo. Il paziente guarda un punto fisso mentre gli vengono presentate immagini su ciascun lato. Al soggetto viene chiesto di «indovinare» che cosa c'è sul lato cieco o di premere un tasto quando vede qualcosa sul lato vedente. Per rilevare la percezione inconscia, speciali dispositivi analizzano l'attività cerebrale e misurano le risposte involontarie, quali i movimenti facciali o la dilatazione della pupilla.

▼ LA VISIONE CIECA PERCEPISCE LE EMOZIONI?
I ricercatori hanno mostrato immagini di persone che esprimono emozioni a pazienti che hanno indovinato l'emozione nella maggior parte dei casi, anche quando l'immagine era nel loro lato cieco. I muscoli facciali usati per il sorriso e per le espressioni corrucciate reagivano in modo da corrispondere al tipo di emozione nell'immagine non vista (*illustrazione*). Quindi, le emozioni sono state riconosciute senza coinvolgere la vista cosciente. L'effetto ha funzionato con immagini di corpi con e senza volto. Evidentemente i pazienti hanno riconosciuto un'emozione, non si sono limitati a imitare inconsciamente un'espressione facciale.





▲ QUALI AREE CEREBRALI USA LA VISIONE CIECA?
I ricercatori hanno mostrato ai pazienti alcuni quadrati grigi e viola, sapendo che il collicolo superiore, nel mesencefalo, non riceve segnali dalla retina relativi a oggetti viola. I quadrati grigi, ma non quelli viola, hanno attivato la visione cieca, come indicato da una maggiore contrazione della pupilla. Questi risultati, insieme all'imaging cerebrale dei pazienti registrato durante l'esperimento, hanno indicato che il collicolo superiore è essenziale nella visione cieca.

MAPPE DELLE VIE NEURALI

Gli scienziati usano tecniche di imaging cerebrale per cercare di individuare le vie neurali percorse dall'informazione visiva nel cervello per generare la visione cieca.
Uno dei metodi è un particolare tipo di imaging realizzato con la risonanza magnetica, chiamato imaging del tensore di diffusione, che sfrutta la diffusione più veloce dell'acqua lungo i neuroni che attraverso di essi.
Grazie all'imaging del tensore di diffusione è stata creata la mappa di fasci di neuroni responsabili della visione cieca delle emozioni. La via collega il nucleo del pulvinar e il collicolo superiore all'amigdala, una struttura essenziale per l'elaborazione delle emozioni.

quello cieco del paziente. In effetti, abbiamo scoperto che le immagini non viste producevano una risposta più rapida rispetto alle immagini viste coscientemente. Abbiamo inoltre studiato le dilatazioni della pupilla, una misura dell'attivazione fisiologica. Le immagini di paura non viste producevano l'effetto più intenso: a quanto pare, più siamo consapevoli di un segnale emozionale più lenta e più debole è la nostra reazione.

Una scuola di pensiero sostiene che il contagio emotivo nasce perché imitiamo inconsciamente le espressioni che vediamo, senza per forza riconoscere l'emozione in sé. Ma visto che i nostri pazienti reagivano non solo ai volti ma anche ai corpi (con volti offuscati), abbiamo concluso che stessero percependo e rispondendo all'emozione.

Una visione cieca artificiale

Visto che il numero di pazienti per gli studi sulla visione cieca è molto scarso, indurre il fenomeno temporaneamente nelle persone con un cervello normale diventa uno strumento prezioso per esperimenti controllati. Una tecnica ricorre al «mascheramento» visivo, meglio conosciuto come uso di immagini subliminali: davanti al volontario viene proiettato il lampo di uno stimolo visivo, a cui fa subito seguito un disegno nella stessa posizione. Il disegno interferisce con l'elaborazione cosciente dell'immagine subliminale, lasciando il soggetto privo della consapevolezza di averla vista, anche se gli esperimenti forniscono prove oggettive del fatto che viene vista. Altri esperimenti disattivano temporaneamente la corteccia visiva applicando campi magnetici sulla parte posteriore della testa: è la cosiddetta stimolazione magnetica transcranica.

Numerosi studi hanno dimostrato che soggetti sani possono «indovinare» in modo affidabile la natura di uno stimolo anche quando è mostrato per un tempo troppo breve per essere percepito coscientemente o mentre la stimolazione magnetica transcranica sta disattivando la corteccia visiva. Inoltre, molte ricerche hanno indagato su come le persone dotate di vista normale reagiscono a stimoli emotivi che non vedono coscientemente. An-

Keith Kasnot (*esperimento e occhi*); Lucy Reading-Ikkanda (*quadrati*)

che prima di questi esperimenti con la visione cieca, gli studi su animali e sull'uomo indicavano che le aree subcorticali – aree del cervello più profonde ed evolutivamente più antiche rispetto alla corteccia – possono innescare risposte appropriate prima che altre aree, come la corteccia visiva, abbiano analizzato in dettaglio lo stimolo. Questo sistema non cosciente opererebbe in parallelo alle normali vie di elaborazione corticali, che sono predominanti. Queste aree subcorticali attivate da stimoli emotivi subliminali sono le principali indiziate nell'elaborazione delle emozioni rilevate dalla visione cieca in pazienti permanentemente ciechi.

Gli scienziati continuano però a chiedersi se queste forme temporanee di cecità indotte in persone con vista normale siano il vero equivalente funzionale della visione cieca in pazienti con un danno corticale permanente. In particolare, le tecniche di mascheramento visivo, come l'uso di immagini subliminali, permettono alla corteccia visiva di elaborare le informazioni, ma interferiscono con l'ulteriore elaborazione cosciente. Di conseguenza, la «visione cieca» delle immagini subliminali potrebbe essere un fenomeno distinto dalla visione cieca clinica, che coinvolge un gruppo specifico di regioni cerebrali. Probabilmente la visione cieca indotta imita con buona fedeltà il danno corticale, ma per sapere se coinvolge le stesse vie neuronali saranno necessari esperimenti che combinano stimolazione magnetica e imaging cerebrale.

Per contro, dopo una lesione il cervello di un paziente (anche adulto) può iniziare a riformare i circuiti per compensare la perdita. Questa plasticità neurale potrebbe creare vie per la visione cieca assenti nelle persone con vista normale, che sono studiate con stimolazione magnetica transcranica e mascheramento visivo. Fino a quando non avremo capito meglio questi punti, lo studio dei pazienti con lesioni rimarrà cruciale per capire come le regioni non corticali producono la visione residua.

Vie neurali

Le ricerche non hanno esaurito la mappatura delle strutture neurali responsabili della visione cieca in persone con cecità corticale. Ma il protagonista più probabile è il collicolo superiore, struttura subcorticale del mesencefalo. E nelle specie non mammifere, come uccelli e pesci, il collicolo superiore è la principale struttura cerebrale che riceve le informazioni dagli occhi. Nei mammiferi è oscurato dalla corteccia visiva, ma conserva alcune funzioni visive, quale il controllo del movimento oculare. Forse la visione cieca usa l'informazione che viaggia dalla retina al collicolo superiore senza prima attraversare la corteccia visiva.

Nel 2009 abbiamo dimostrato che quest'area del mesencefalo è essenziale per tradurre in azione un segnale visivo non percepito in modo cosciente. Facevamo premere un tasto a un paziente ogni volta che gli mostravamo un quadrato sul suo lato vedente. In alcuni casi, mentre mostravamo un quadrato sul lato vedente ne mostravamo uno anche sul lato cieco. Usavamo quadrati grigi e viola. Abbiamo scelto una tonalità rilevata da un solo tipo di cono fotorecettore della retina, sapendo che il collicolo superiore non riceve segnali da queste cellule, ed è dunque cieco per questa tonalità di viola.

Un quadrato grigio sul lato cieco accelerava la risposta del paziente e faceva contrarre le pupille con più vigore, un'indicazione dell'elaborazione dello stimolo, a differenza del quadrato viola, privo di entrambi gli effetti. In altre parole, la visione cieca si manifestava per gli stimoli grigi ma non per quelli viola. Le scansioni del cervello hanno confermato che l'attivazione del collicolo superiore era massima solo per lo stimolo grigio sul lato cieco. È stato ipotizzato che altre aree cerebrali siano coinvolte nella visione cieca al posto del collicolo superiore, ma nei nostri esperimenti la loro attività è sembrata irrilevante. Questi risultati dimostrano che il collicolo superiore opera nel cervello come interfaccia tra elaborazione sensoriale ed elaborazione motoria, contribuendo al comportamento guidato dalla vista secondo una modalità in apparenza separata dalle vie che coinvolgono la corteccia, ed estranea all'esperienza visiva cosciente. Anche la visione cieca delle emozioni coinvolge il collicolo superiore e altre aree del mesencefalo, come l'amigdala.

La visione cieca ha suscitato notevole attenzione tra i filosofi, affascinati dall'idea paradossale di vedere senza sapere di vedere. È chiaro che questa idea è paradossale solo se «vedere» è considerato sinonimo di «vedere coscientemente». A causa di questo approccio gli scienziati hanno indugiato ad accettare la visione cieca, ritardando il progresso nella conoscenza del ruolo della visione inconscia nei processi cognitivi.

Inoltre, è un grosso ostacolo anche per i pazienti che soffrono di una perdita della vista basata sulla corteccia, perché impedisce di sbloccare il potenziale insito nelle abilità visive residue. TN si considera una persona cieca, e dipenderà dal bastone bianco finché non si convincerà di riuscire a vedere pur senza saperlo. Anche l'addestramento può aiutare. Dopo tre mesi di stimolazioni quotidiane, i pazienti individuavano meglio i bersagli nel loro campo cieco. Se un addestramento adeguato in condizioni realistiche migliora le abilità di orientamento è un problema che la ricerca affronterà in futuro. ■

L'AUTORE

BEATRICE DE GELDER è professore di neuroscienze cognitive e direttore del Cognitive and Affective Neuroscience Laboratory all'Università di Tilburg, nei Paesi Bassi. Inoltre, è membro della Facoltà per l'imaging biomedico dell'Athinoula A. Martinos Center di Charlestown, negli Stati Uniti. De Gelder studia le neuroscienze dell'elaborazione dei volti e delle emozioni e le modalità di interazione tra processi cognitivi ed emozioni nelle persone sane e in pazienti colpiti da danni cerebrali.

Letture

Unseen Facial and Bodily Expressions Trigger Fast Emotional Reactions. Tamietto M. e altri, in «Proceedings of the National Academy of Sciences», Vol. 106, n. 42, pp. 17661-17666, 20 ottobre 2009.

Collicular Vision Guides Nonconscious Behavior. Tamietto M. e altri, in «Journal of Cognitive Neuroscience», Vol. 22, n. 5, pp. 888-902, maggio 2010.

Affective Blindsight. De Gelder B. e Tamietto M, in «Scholarpedia», Vol. 2, n. 10, pp. 3555, 2007. Disponibile alla pagina web: **www.scholarpedia.org/article/Affective_blindsight.**

Helen, a Blind Monkey Who Sees Everything. Video del 1971, on line all'indirizzo **bit.ly/blindsightmonkey.**

Cortesia M. Kret

Le piante artiche

Il riscaldamento globale sta sciogliendo i ghiacci dell'Artico, ma sta anche Lo stravolgimento di questi due ecosistemi artici potrebbe rendere ancora più

di Matthew Sturm

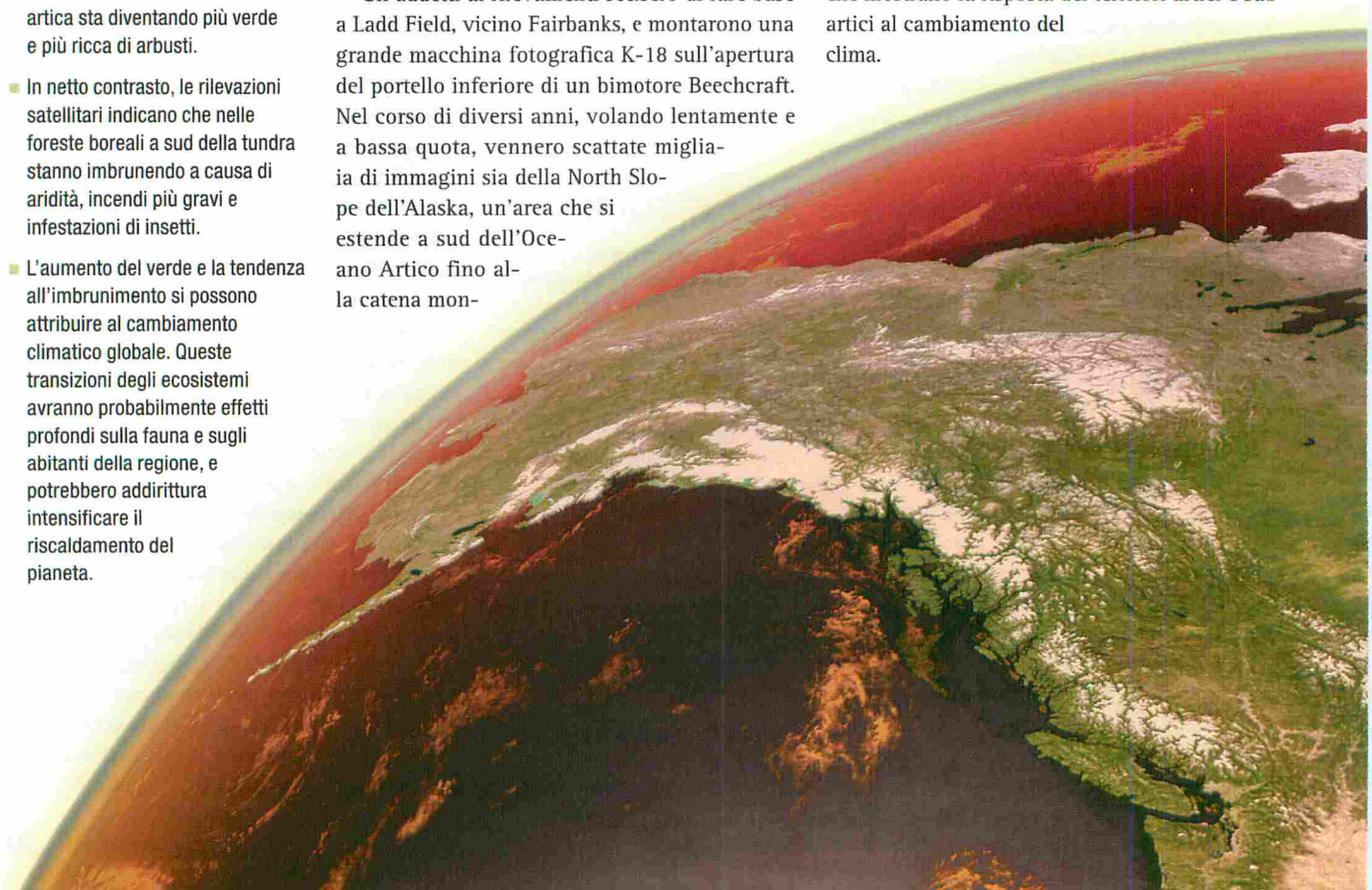
IN SINTESI

- Una serie di fotografie aeree scattate negli anni quaranta nell'Alaska settentrionale per individuare eventuali giacimenti di petrolio ha fornito la prova più chiara del fatto che la tundra artica sta diventando più verde e più ricca di arbusti.
- In netto contrasto, le rilevazioni satellitari indicano che nelle foreste boreali a sud della tundra stanno imbrunendo a causa di aridità, incendi più gravi e infestazioni di insetti.
- L'aumento del verde e la tendenza all'imbrunimento si possono attribuire al cambiamento climatico globale. Queste transizioni degli ecosistemi avranno probabilmente effetti profondi sulla fauna e sugli abitanti della regione, e potrebbero addirittura intensificare il riscaldamento del pianeta.

È il 1944. Alcuni segnali indicano che la seconda guerra mondiale sta per finire, ma le previsioni secondo cui i giapponesi avrebbero resistito fino all'ultimo preoccupano parecchio gli Alleati, che temono di restare senza carburante nel corso del conflitto. La Naval Petroleum Reserve dell'Alaska settentrionale, un'area estesa per oltre 93.000 chilometri quadrati, è un sito assai promettente per la ricerca di nuovi giacimenti di petrolio, e la Marina degli Stati Uniti decide di esplorarla. Ma c'è un problema: mancano le mappe. Si decide perciò di realizzare una serie di fotografie di aeree estremamente dettagliate.

Gli addetti ai rilevamenti scelsero di fare base a Ladd Field, vicino Fairbanks, e montarono una grande macchina fotografica K-18 sull'apertura del portello inferiore di un bimotore Beechcraft. Nel corso di diversi anni, volando lentamente e a bassa quota, vennero scattate migliaia di immagini sia della North Slope dell'Alaska, un'area che si estende a sud dell'Oceano Artico fino alla catena montuosa Brooks Range, sia delle valli ricoperte di foreste che si trovavano sul versante meridionale dell'area appena citata: questi territori facevano parte della foresta boreale di alberi sempreverdi e alberi decidui che ricopriva un'ampia fascia della regione artica (*si veda la mappa a p. 90*).

Dai negativi, formato 9 × 18 pollici (22,86 × 45,72 centimetri), furono tratte immagini tanto nitide da distinguere le impronte lasciate dagli alci. Alcune sono degne degli scatti di un grande fotografo del calibro di Ansel Adams; ma ancora più importante è il fatto che l'intera serie è diventata un tassello essenziale per il complesso di prove che mostrano la risposta dei territori artici e subartici al cambiamento del clima.



soffrono il caldo

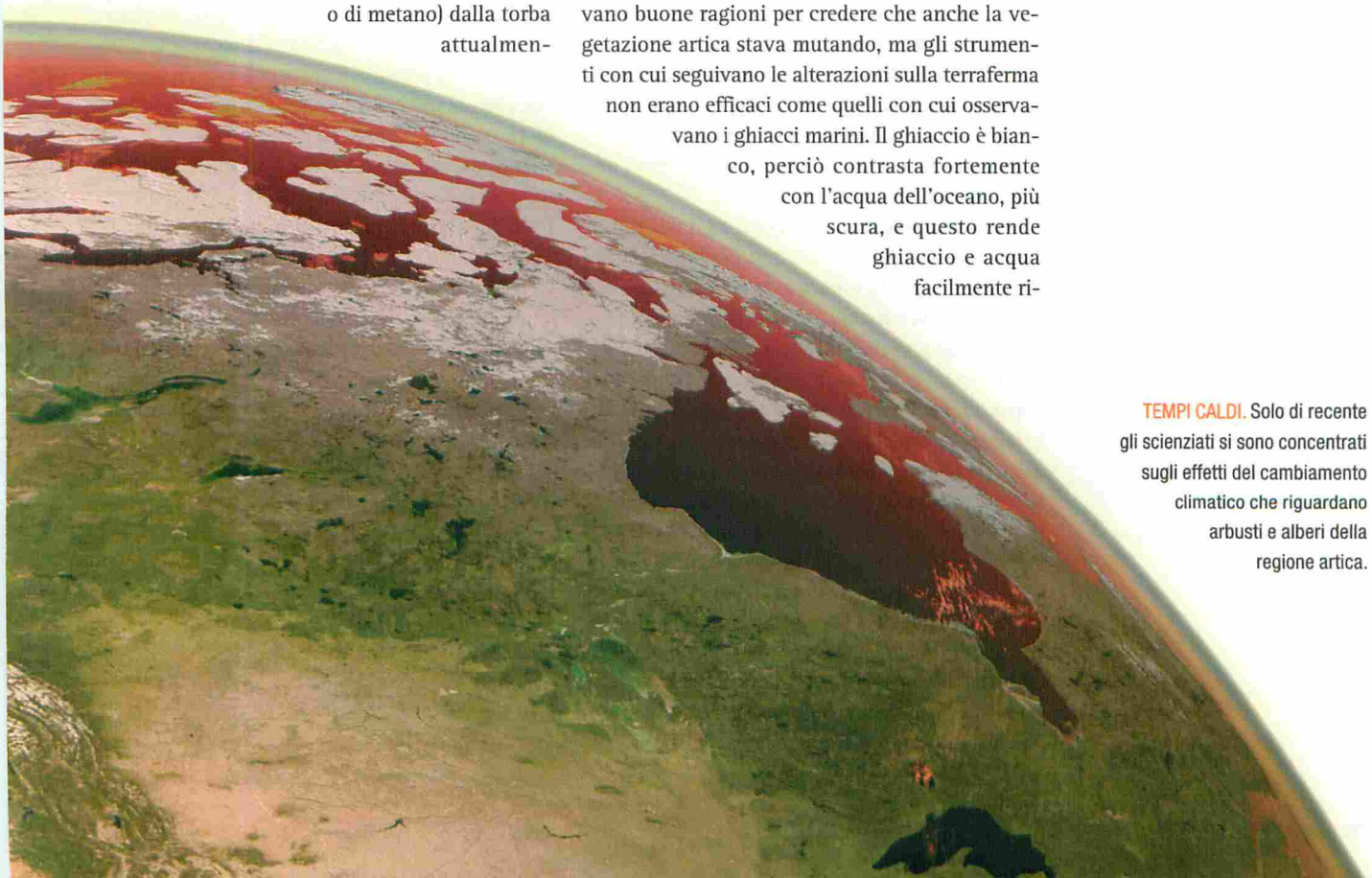
modificando drasticamente la tundra e le foreste di questa regione della Terra. grave il cambiamento del clima in tutto il pianeta

Come si può immaginare, si tratta di una questione urgente, perché le risposte potranno aiutare gli abitanti di queste regioni a capire come affrontare i cambiamenti. Nell'Artico vivono circa quattro milioni di persone, e i cambiamenti climatici stanno influenzando la caccia di sussistenza, lo sfruttamento commerciale delle foreste, i trasporti e le infrastrutture.

Inoltre, il verificarsi di cambiamenti climatici più rapidi del previsto nella copertura vegetale del territorio potrebbe avere ripercussioni globali. Queste alterazioni, per esempio, potrebbero accelerare il disgelo del *permafrost*, un evento che potrebbe liberare carbonio (in forma di anidride carbonica o di metano) dalla torba attualmente sequestrata nel terreno congelato, contribuendo significativamente a un ulteriore riscaldamento del clima.

Misurare l'avanzata verde

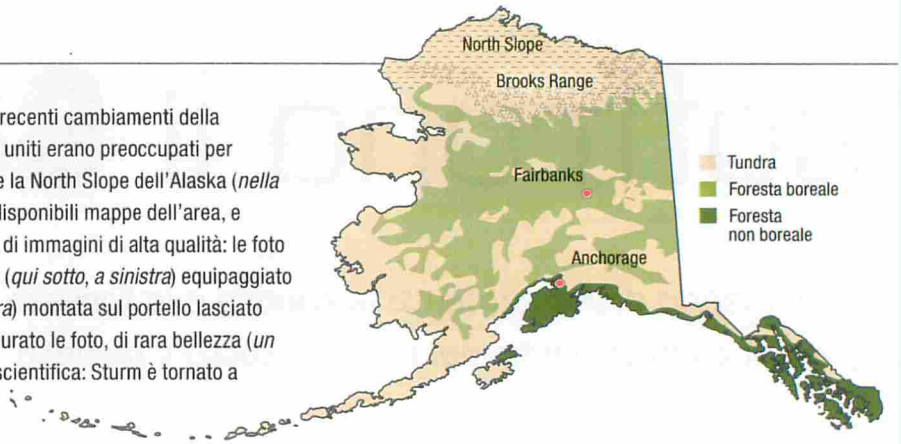
Il rapido scioglimento dei ghiacci del Mare Artico era noto ben prima della copertina pubblicata da «Time» nel 2006, in cui era ritratto un orso polare alla deriva su un piccolo blocco di ghiaccio galleggiante (si veda *Ghiaccio Bollente*, di Matthew Sturm, Donald K. Perovich e Mark Serreze, in «Le Scienze» n. 423, novembre 2003). Già negli anni novanta gli scienziati che come me studiavano il cambiamento del clima nella regione artica avevano buone ragioni per credere che anche la vegetazione artica stava mutando, ma gli strumenti con cui seguivano le alterazioni sulla terraferma non erano efficaci come quelli con cui osservavano i ghiacci marini. Il ghiaccio è bianco, perciò contrasta fortemente con l'acqua dell'oceano, più scura, e questo rende ghiaccio e acqua facilmente ri-

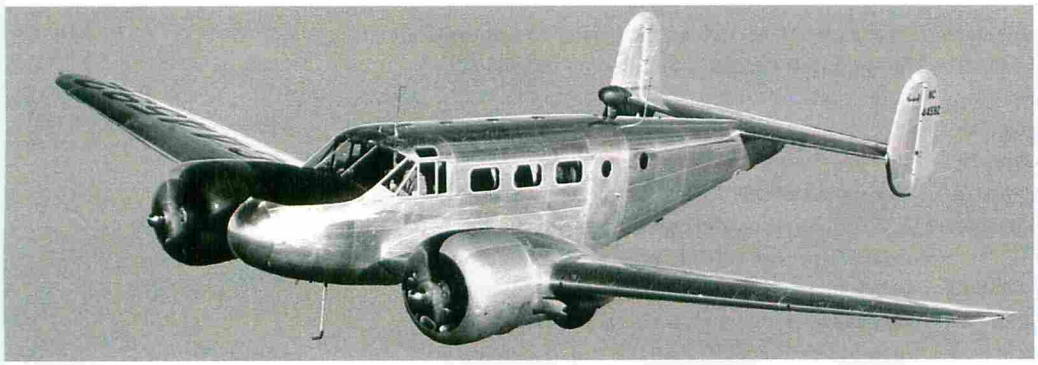


TEMPI CALDI. Solo di recente gli scienziati si sono concentrati sugli effetti del cambiamento climatico che riguardano arbusti e alberi della regione artica.

Un aiuto dalla storia

Un progetto della seconda guerra mondiale ha documentato i recenti cambiamenti della vegetazione artica. Mentre la guerra volgeva alla fine, gli Stati uniti erano preoccupati per un'eventuale scarsità di petrolio e avevano deciso di esplorare la North Slope dell'Alaska (*nella mappa*) in cerca di nuovi giacimenti. Ma all'epoca non erano disponibili mappe dell'area, e dunque i topografi della U.S. Navy avevano realizzato migliaia di immagini di alta qualità: le foto erano state scattate a bassa quota da un bimotore Beechcraft (*qui sotto, a sinistra*) equipaggiato con una macchina fotografica di grande formato K-18 (*a destra*) montata sul portello lasciato aperto. Quasi sessant'anni dopo l'autore dell'articolo si è procurato le foto, di rara bellezza (*un esempio in basso nella pagina*) e di straordinaria importanza scientifica: Sturm è tornato a fotografare le stesse località, documentando i profondi mutamenti della vegetazione.





levabili da satelliti e aeroplani. Mentre le variazioni dovute al clima che si verificano nelle foreste e nella tundra (regioni prive di alberi in cui il sottosuolo è perennemente gelato) sono assai più sottili. A volte sono solo lente alterazioni dell'insieme di specie vegetali anziché un netto passaggio da un ecosistema a un altro. I cambiamenti della vegetazione possono richiedere anni, se non decenni, prima di diventare riconoscibili.

Avevamo buoni indizi, però, su quali tipi di cambiamenti dovevamo cercare. Esperimenti condotti in serra nella tundra avevano mostrato che fertilizzazione e riscaldamento artificiale del suolo potevano portare a un'enorme crescita degli arbusti a spese delle piante non legnose come carici e muschi. Per esempio, nel giro di qualche anno le betulle nane erano passate da una crescita fino alle ginocchia a una crescita ad altezza d'uomo. In base a questi dati, la nostra migliore ipotesi era che il riscaldamento avrebbe innescato una crescita della biomassa della tundra, forse con ritmi esplosivi, soprattutto sotto forma di un aumento di numero e dimensioni degli arbusti. Più a sud, nella foresta boreale, era da secoli che la linea degli alberi avanzava sia verso nord sia verso quote più elevate, e ci attendevamo un'accelerazione di questo avanzamento dovuta al riscaldamento.

Ma non c'era nulla di sicuro. A quel tempo diversi gruppi di ricerca cercavano di individuare i mutamenti nella vegetazione con tecniche di rilevamento a distanza o con studi intensivi di piccole aree di terreno. Così, con Chuck Racine e Ken Tape, avevamo pensato di avere nuove informazioni cercando i cambiamenti con l'aiuto di vecchie fotografie, sempre che fossimo riusciti a trovarle.

Durante le nostre ricerche avevamo incontrato un archivista che ci aveva parlato di fotografie aeree della Marina conservate in un magazzino. Ci interessavano? L'archivista ci aveva detto che stava per buttarle via, per problemi di spazio. Ho trattenuto il respiro fino a quando non abbiamo ricevuto un campione delle immagini, e nel momento

Jean-Francois Podevin e NASA (*pagine precedenti*), AP Photo (*aeroplano*); cortesia National Museum of the U.S. Air Force (*macchina fotografica*); Jessica Huppi (*mappa*)

in cui sono scivolate dalla busta sulla mia scrivania sono rimasto sbalordito. Erano perfette per il lavoro che avevamo in mente, ed erano anche molto belle. Alla fine abbiamo ottenuto circa 6000 scatti, di quell'incredibile impresa.

Abbiamo iniziato il nostro studio nell'estate del 2000, concentrandoci sulla tundra. La classica definizione di tundra, vegetazione bassa e sottosuolo perennemente gelato, è ben lontana dal trasmettere la complessità e la bellezza di questo ecosistema, che copre circa il 5 per cento delle terre emerse del pianeta. Nella maggior parte dei casi la tundra è uno spesso tappeto di muschi, licheni e carici (di aspetto simile a erbe), con un numero esiguo di altre piante vascolari e arbusti nani. Vista dall'alto, questa collezione di piante appare simile a un tappeto verde, liscio e felpato. Sul terreno sembra un mosaico di tante piante, tutte spugnose e faticose a camminarci sopra, anche se, quando sono asciutte, piacevolissime per sdraiarsi e riposare. E non c'è nulla di piatto. Carici e altre piante crescono formando cespugli chiamati *tussock* o *hummock*, una maledizione per chiunque abbia cercato di addentrarsi a piedi nella tundra. La parte superiore di questi dossi vegetali, alti fino a mezzo metro, è spesso instabile e cede imprevedibilmente quando vi si appoggia il peso del corpo, regalando agli escursionisti cadute e distorsioni alle caviglie. In genere gli arbusti nani si nascondono tra le pieghe dei tussock, mentre vicino all'acqua possono crescere fino ad altezza d'uomo, formando dense macchie di vegetazione.

Con l'aumentare della latitudine la tundra diventa sempre più spoglia, fino alla scomparsa degli arbusti. Alla fine anche muschi e licheni lasciano il posto a vaste distese di terreno spoglio, il cosiddetto deserto polare. Verso sud, invece, la tundra prima attraversa zone con abeti sparsi, poi forma un mosaico con la foresta, infine diventa foresta boreale, chiamata anche taiga. La transizione tra tundra e taiga può essere netta oppure estendersi gradualmente per decine di chilometri. In Alaska il confine coincide in larga misura con il margine meridionale del Brooks Range.

Per ottenere le immagini di cui avevamo bisogno abbiamo volato su un elicottero senza sportelli, portandoci dietro vecchie fotografie come riferimento. Volendo far corrispondere il meglio possibile l'inquadratura delle nuove foto con quella delle vecchie, spesso abbiamo volato ad appena 15 metri di altezza, il che ha fatto crescere ancora di più il nostro rispetto per chi ci ha preceduto ai tempi della seconda guerra mondiale su un aereo ad ala fissa. Procedendo con attenzione, abbiamo ottenuto una corrispondenza molto stretta.

In quattro estati abbiamo rifotografato oltre 200 siti. Abbiamo passato le sere a confrontare vecchie e nuove foto per una prima valutazione, e nelle immagini abbiamo visto che alcuni arbusti sono diventati più grossi rispetto a cinquant'anni prima (sì, gli stessi arbusti erano ancora vivi, e identificabili!). Le macchie di cespugli si sono infittite e si sono espanse in zone di tundra dove prima gli arbusti erano al di sotto del nostro limite di rilevamento, circa 50 centimetri di altezza. Salice, betulla e ontano, il grande trio degli arbusti artici, stanno espandendo la propria area di diffusione e stanno diventando più grandi. Siamo rimasti particolarmente colpiti da uno schema di avanzamento dei cespugli, che abbiamo chiamato «truppe d'assalto», grazie a cui avevano colonizzato antiche terrazze fluviali e pianure di tundra, occupando in pochi decenni ettari di terreno precedentemente privo di arbusti.

La realtà di questa trasformazione è stata chiara quando abbiamo verificato sul campo le fotografie. Arbusti che nelle nostre foto apparivano come piccoli cerchi scuri sono in realtà alti quanto una persona. E spesso sono circondati da un alone di cespugli più piccoli, che gli arbusti più grandi sembravano proteggere dai venti più aspri e carichi di neve. In certi punti, gli arbusti sono tanto

PAROLE PER L'ARTICO

ALBEDO
È la quantità di luce solare riflessa da un oggetto o da una superficie. Neve e ghiaccio riflettono la luce solare con grande efficienza, e rimandano nello spazio fino all'85 per cento della radiazione che ricevono, limitando quindi il riscaldamento del terreno.

TAIGA, O FORESTA BOREALE
Foreste che si trovano all'interno del Circolo polare artico o immediatamente a sud di esso; costituite principalmente di conifere, sono l'ecosistema più esteso del mondo.

TUNDRA
Regione artica priva di alberi, con un sottosuolo perennemente gelato e il terreno ricoperto da vegetazione bassa e densa.

Cortesia U.S. Navy

UNA DELLE FOTOGRAFIE SCATTATE NEGLI ANNI QUARANTA dalla Marina degli Stati Uniti mostra le gole lungo il fiume Colville piene di neve portata dal vento.

IL CONFRONTO DI UNA FOTOGRAFIA DELLA NORTH SLOPE scattata nel 1940 con la fotografia scattata all'inizio del XXI secolo produce una prova visibile dell'aumento della crescita delle piante. La foto a colori, scattata nel 2002, evidenzia un fronte degli arbusti alti come un uomo, che vanno alla conquista di un'area di tundra dove prima erano assenti.

fitti da formare boscaglie impenetrabili. Alla fine della seconda estate, dopo avere aperto con fatica una via attraverso dozzine di queste giungle di cespugli, abbiamo coniato il termine *shrubby Arctic* (zona artica arbustiva) per indicare quanto sta avvenendo al paesaggio. Nel complesso, le nostre fotografie hanno documentato l'espansione degli arbusti su un tratto dell'Alaska che si estende per oltre 200.000 chilometri quadrati.

Ma che cosa accade alla tundra fuori dall'Alaska e, più a sud, alle foreste della taiga? I miei colleghi Scott Goetz, Doug Stow, Skip Walker, Gensuo Jia e Dave Verbyla hanno usato i radiometri dei satelliti meteorologici della National Oceanic and Atmospheric Administration per misurare i mutamenti sia in queste zone sia in Alaska. Grazie al calcolo del cosiddetto «indice di vegetazione normalizzato», basato sulla riflettanza nel rosso e nell'infrarosso vicino, i risultati dei miei colleghi hanno mostrato che la tundra sta diventando sempre più verde.

Il colore verde è correlato con crescita e nuova biomassa, quindi i risultati sono stati interpretati come un segno dell'espansione della componente arbustiva. L'aumento dell'indice è particolarmente pronunciato nell'Alaska, nel Canada occidentale e in Siberia, ma è stato rilevato anche in Scandinavia e in altre aree della regione artica. Altri colleghi, Bruce Forbes in Russia, Greg Henry nell'alto Artico canadese e Paul Grogan nell'Artico canadese centrale, hanno ottenuto risultati analoghi nei loro studi sul campo, e anche i ricordi degli abitanti delle regioni artiche di Alaska, Canada e Russia avvalorano l'idea secondo cui in tutta la regione artica del pianeta si sta verificando un'espansione degli arbusti.

Un confronto ravvicinato fra i dati satellitari più recenti sull'espansione del verde nella tundra e le nostre mappe basate sulle fotografie dei cambiamenti ha offerto un ulteriore dettaglio: l'indice di vegetazione normalizzato sta aumentando non solo nelle aree in cui le foto mostrano più arbusti grossi, ma anche in quelle in cui attualmente si trovano solo arbusti nani (di dimensioni inferiori al limite di rivelazione delle fotografie). Questi piccoli cespugli che si sviluppano negli spazi fra i tussock sono dappertutto, e sono plastici: possono cioè modificare la propria crescita quando migliorano le condizioni, raggiungendo dimensioni rilevanti. Con i piccoli cespugli già presenti in vaste aree, insomma, le regioni della tundra sono predisposte per una rapida crescita.

Un fenomeno del genere non sarebbe una novità. I dati paleoclimatici, ricavati dai pollini trovati nei depositi sedimentari, hanno mostrato un improvviso aumento dei pollini di arbusti avvenuto circa 8000 anni fa. Questo fenomeno sembra aver segnato un momento di rapida espansione degli arbusti nei paesaggi a tundra.

I cambiamenti nell'Artico stanno colpendo caccia, attività forestali, trasporti e infrastrutture locali e stanno intensificando il riscaldamento globale

Una sorpresa nella foresta

L'archivio dei dati satellitari ha rivelato risultati ancora più sorprendenti per le vaste foreste boreali ai confini meridionali della tundra. Anche se gli studi avevano confermato l'avanzamento della linea degli alberi verso latitudini e quote più elevate, i satelliti indicavano che in molti punti nelle retrovie di questo fronte le foreste perdevano biomassa e diventavano meno produttive. Le foreste diventavano marroni – gli alberi si seccavano e morivano – mentre la tundra si faceva più verde; un fatto che sembrava contraddire le conoscenze sulla risposta delle foreste al riscaldamento climatico.

Circa dieci anni fa Glenn Juday e Martin Wilmking, allora all'Università dell'Alaska a Fairbanks, avevano iniziato a raccogliere campioni di anelli di crescita prelevati da alberi intorno a Fairbanks e a sud del Brooks Range, un lavoro che ha aiutato a risolvere questa contraddizione. Invece della consueta correlazione positiva, per cui temperature estive più alte portano a una crescita maggiore e ad anelli più ampi, i due ricercatori hanno trovato casi in cui temperature più alte avevano prodotto anelli più piccoli e rallentato la crescita degli alberi. Nell'Alaska occidentale, più umida, gli alberi crescevano più vigorosamente con l'aumento del caldo, ma spostandosi più a est verso zone più aride si trovavano anelli più piccoli, alberi sofferenti e punti in cui gli alberi stavano addirittura

Si ringrazia la U.S. Navy (*foto paesaggio in alto*); si ringrazia Ken Tape (*foto paesaggio in basso e contorni che evidenziano gli arbusti*); si ringrazia Gaslus R. Shaver, Marine Biological Laboratory (*serra, pagina a fronte*)

morendo. Le estati erano più calde, certo, ma anche troppo secche.

Usando dati sugli anelli di crescita di alberi boreali, altri due esperti di dendrocronologia, Andi Lloyd del Middlebury College e Andy Bunn della Western Washington University, hanno confermato che il passaggio a una colorazione marrone era un fenomeno che riguardava la regione artica di tutto il pianeta e che, pur colpendo prevalentemente gli abeti, in realtà interessava tutte le specie di alberi boreali. Le cause esatte che hanno portato al declino della crescita degli alberi non sono state ancora identificate con precisione, ma i due principali sospettati sono lo stress da siccità e quello da caldo, perché l'imbrunimento è stato osservato più spesso in siti continentali aridi e nelle zone meridionali delle aree di diffusione di ciascuna specie.

Gli alberi sono stati colpiti anche da altri due fenomeni, entrambi ritenuti legati al riscaldamento: aumento di attacchi di insetti e incremento di estensione e frequenza degli incendi. In Alaska, la stagione dei grandi incendi sembra si stia presentando ogni cinque anni invece che ogni dieci, e gli episodi di infestazioni di insetti, come i bostrici, che fino a oggi hanno devastato oltre 500.000 ettari di foresta, sembrano intensificarsi.

Difficili previsioni per il futuro

C'è una certa, ironica simmetria nei mutamenti in atto nella tundra e nella foresta boreale. Secondo le stime, in cinquant'anni le foreste boreali hanno invaso 11.600 chilometri quadrati del margine meridionale della tundra, ma alle spalle del fronte di avanzamento, nello stesso periodo, le foreste si sono inaridite, ci sono stati danni da incendi e attacchi di insetti. Per Juday il risultato potrebbe essere il passaggio da foresta a prateria. Allo stesso tempo la tundra si è popolata sempre più di arbusti, diventando una specie di giungla. Forse in futuro la foresta diventerà molto simile alla tundra e viceversa?

Nel rispondere si deve considerare un problema: la nostra capacità limitata di capire i numerosi processi collegati fra loro che spingono la vegetazione al cambiamento, per non parlare delle previsioni per il futuro. Sebbene il ghiaccio marino dell'Artico sia un sistema semplice fatto solo di acqua e di ghiaccio, che in linea di principio risponde a leggi fisiche traducibili in modelli matematici, il declino dei ghiacci è avvenuto a una velocità doppia rispetto a quella prevista da 13 dei migliori modelli su larga scala elaborati dalla comunità scientifica. Secondo le previsioni attuali, nel giro di quarant'anni l'Artico sarà privo di ghiacci, ma si tratta più di estrapolazioni dai mutamenti osservati che di risultati ottenuti da modelli. Per la tundra e le foreste boreali, con la loro grande complessità e i diversi meccanismi di *feedback* in competizione tra loro – alcuni attenuano la crescita, mentre altri la accelerano – i modelli esistenti sono ancora troppo semplicistici per dare previsioni accurate.

In uno studio recente il mio gruppo ha cercato di affrontare i problemi delle previsioni per gli arbusti della tundra, usando un semplice modello della crescita della popolazione arbustiva e il confronto fra fotografie. Con sorpresa, il modello ha indicato che l'espansione degli arbusti deve essere

Probabilmente il paesaggio della tundra cambierà più in fretta rispetto a quanto previsto dai modelli

ESPERIMENTI E OSSERVAZIONI confermano le prove ricavate dalle fotografie secondo cui la tundra si sta popolando di arbusti. In studi di riscaldamento artificiale del suolo con serre (*sotto*, è stata rimossa la copertura della serra) gli arbusti sono cresciuti fino ad altezza d'uomo, mentre sul suolo normale crescono fino alle ginocchia. E le osservazioni in natura (*a destra*) indicano che gli arbusti più grossi provocano l'effetto alone, che protegge i più piccoli dagli elementi atmosferici, incoraggiandone la crescita in anelli concentrici (*linee*) intorno alla pianta più grande; il risultato è che la tundra diventa molto più verde.

iniziata 150 anni fa, verso la fine della piccola era glaciale, mentre ci aspettavamo un inizio in coincidenza con il rapido riscaldamento dell'Artico cominciato negli anni settanta. D'altra parte, l'epoca scoperta dallo studio coincide con quella della comparsa dell'alce, che bruca appunto gli arbusti, sulla North Slope dell'Alaska. E coincide anche con l'inizio dell'espansione della linea degli alberi.

I risultati del modello implicano che, almeno in parte, gli arbusti si siano lentamente espansi in risposta a un ciclo naturale di riscaldamento iniziato molto prima della Rivoluzione industriale. Altre prove, però, fanno pensare che sebbene l'espansione sia iniziata per un riscaldamento dovuto a cause naturali, è probabile che stia accelerando a causa del riscaldamento a cui contribuiscono le attività umane. Durante gli ultimi quarant'anni, nelle regioni di espansione degli arbusti si sono registrati anche un aumento marcato del ritiro dei ghiacciai, un aumento del tasso di riscaldamento del permafrost e un anticipo dell'inizio della primavera (indicata dalle date di congelamento e disgelo di fiumi e laghi): tutti fenomeni collegati all'accelerazione del cambiamento del clima dovuta alle attività umane. Purtroppo ci sono scarse probabilità di trovare una serie di foto scattate verso il 1900 con cui stabilire se l'espansione sia stata o meno più lenta tra il 1900 e il 1950 invece che tra il 1950 e oggi.

Sempre secondo lo stesso semplice modello ci vorranno almeno altri 150 anni prima che le aree oggi ricche di arbusti ne siano completamente ricoperte e dove oggi gli arbusti non ci sono ci vorrà ancora più tempo. Il problema è che il modello non considera eventi catastrofici come gli incendi, che potrebbero alterare la vegetazione in modo improvviso (gli arbusti tendono a prosperare nelle aree danneggiate) e non include i feedback che potrebbero accelerare i cambiamenti. La mia sensazione è che probabilmente il paesaggio della tundra cambierà più in fretta rispetto alle previsioni del nostro modello.

La sensazione si fonda anche su ciò che si verifica dopo gli incendi. Per esempio, nel periodo eccezionalmente secco tra il luglio e il settembre 2007 sulla North Slope sono scoppiati gli incendi più vasti di sempre, causati da fulmini che hanno devastato oltre 100.000 ettari di territorio. Il mio collega Chuck Racine ha visitato la zona nel luglio 2009, e in molti punti già ricrescevano gli arbusti. Nell'Alaska occidentale, in aree analoghe di tundra bruciate da incendi più vecchi, la copertura degli arbusti si era addirittura espansa di un fattore otto in trent'anni. Un aumento dei fulmini e condizioni più aride potrebbero far aumentare gli incendi. Gli arbusti inoltre, caratterizzati da più biomassa e più ramificazioni rispetto agli alberi, aumentano la probabilità di incendi, con un feedback positivo.

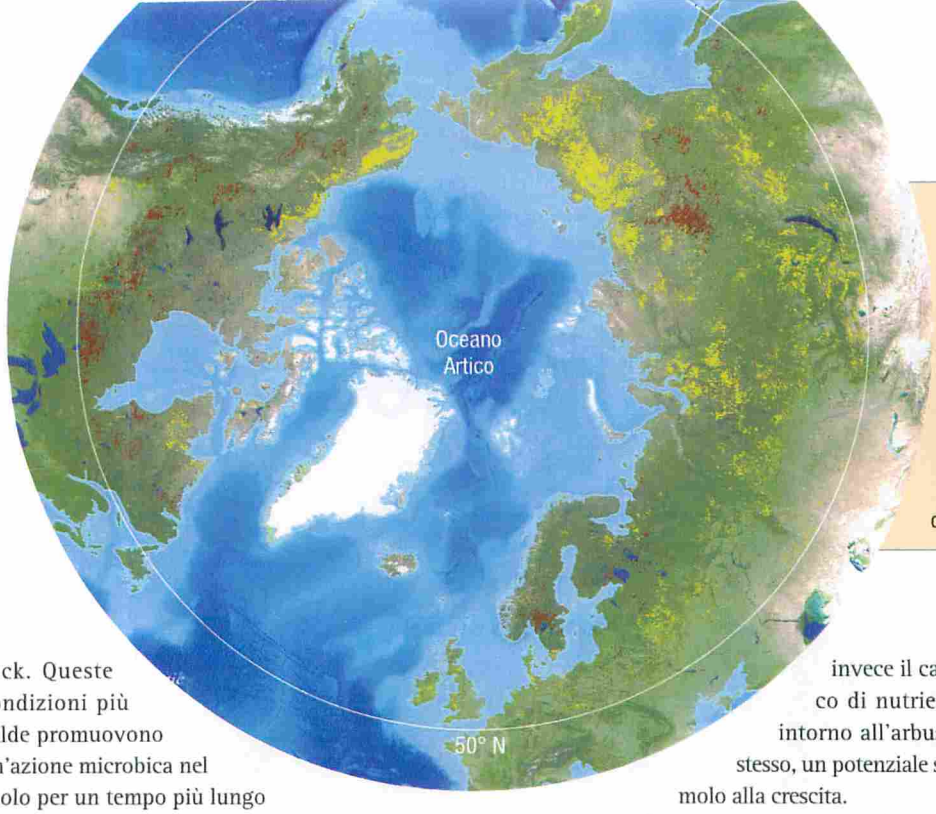
Degli altri potenziali effetti di feedback che agiscono sulla tundra, ne conosciamo almeno due legati alla copertura nevosa invernale. Può sembrare strano che l'inverno abbia un impatto sulla crescita degli arbusti, visto che crescono d'estate, ma proprio i processi invernali determinano le condizioni di suolo e di acqua nella successiva stagione di crescita. L'importanza dell'inverno per le piante artiche sta nella sua lunga durata. La tundra resta sotto la neve per nove mesi all'anno, e la taiga per sette; il colore dominante di queste regioni in realtà è il bianco, non il verde.

Uno dei processi di feedback funziona così: durante l'inverno, gli arbusti che superano in altezza i tussock circostanti intrappolano la neve portata dal vento, producendo cumuli che rendono più spessa la copertura nevosa che li circonda. La neve è un ottimo isolante, perché lo strato nevoso può essere costituito d'aria anche per il 75 per cento. Dove la neve è più spessa l'isolamento del terreno è più efficace e le temperature sono più alte rispetto a quelle che ci sarebbero senza strato nevoso. In alcune zone arbustive abbiamo registrato temperature alla base dello strato nevoso più alte di 10 gradi rispetto a quelle delle aree vicine con tus-

L'AUTORE

MATTHEW STURM dopo aver conseguito il dottorato di ricerca nel 1987 all'Università dell'Alaska a Fairbanks è diventato ricercatore nel Corpo dei genieri dell'Esercito degli Stati Uniti, carica che ricopre ancora oggi. Di recente ha guidato una traversata di 4000 chilometri a bordo di veicoli cingolati (i «gatti delle nevi») attraverso le regioni artiche dell'Alaska e del Canada.

LE STAGIONI DI INCENDI FORESTALI sembrano più frequenti in Alaska, e gli incendi sono diventati più intensi. Fuoco e danni dovuti agli insetti contribuiscono a far imbrunire la foresta boreale. In queste aree bruciate prosperano gli arbusti, che a loro volta, grazie alle ramificazione più fitta e alla maggiore quantità di biomassa rispetto agli alberi, fanno aumentare la possibilità di nuovi incendi.



QUESTA MAPPA DELLA REGIONE ARTICA, basata su dati satellitari raccolti e analizzati da Scott Goetz e colleghi del Woods Hole Research Center, riflette i cambiamenti avvenuti nella tundra e nelle foreste boreali tra 1982 e 2005. In accordo con i risultati di altri lavori, l'analisi mostra che la crescita degli arbusti è aumentata (*aree in verde chiaro*) mentre la foresta ha subito inaridimento e perdita di vegetazione (*aree in marrone*).

sock. Queste condizioni più calde promuovono un'azione microbica nel suolo per un tempo più lungo durante l'inverno, che permette di accumulare una quantità maggiore di nutrienti utili in estate per la crescita degli arbusti. In particolare, questa fertilizzazione prolungata permette una crescita vigorosa degli arbusti, che diventano più alti e quindi intrappolano più neve nell'inverno seguente e rafforzano ulteriormente il ciclo.

L'altro effetto di feedback legato alla neve deriva dall'albedo, la capacità di riflettere la luce solare, della neve stessa. In inverno e, soprattutto, in primavera, i rami scuri degli arbusti più alti emergono sopra lo strato nevoso. Questi rami assorbono l'energia solare con molta più efficienza rispetto alla neve, che è bianca: quanto basta per provocare un riscaldamento locale e accelerare il disgelo primaverile, anticipando l'inizio della stagione della crescita e facendo diventare gli arbusti più grandi.

Presi uno alla volta, i feedback invernali si capiscono facilmente, ma dato che non sono indipendenti fra loro e dai processi estivi (alcuni dei quali sono chiari, mentre altri no), il risultato netto è incerto. Per esempio, in linea di principio i cumuli di neve più spessi dovuti agli arbusti avrebbero bisogno di più tempo per sciogliersi in primavera, rispetto alla neve circostante non accumulata. È possibile che l'albedo superi questo effetto dovuto a un maggiore spessore di neve? Oppure l'accumulo accelera lo scioglimento? In estate, ombre e foglie sul terreno sono due potenziali processi di feedback non capiti a fondo. Si sa che l'ombreggiatura dovuta a una maggior copertura fogliare da parte degli arbusti produce temperature estive più basse, contrastando potenzialmente l'aumento dell'attività microbica dovuto all'accumulo invernale della neve. L'accumulo di foglie alla base dell'arbusto altera invece il carico di nutrienti intorno all'arbusto stesso, un potenziale stimolo alla crescita.

Molti ricercatori cercano di creare modelli di questi effetti controversi; diversi gruppi stanno sviluppando modelli capaci di fare previsioni sui mutamenti della tundra e delle foreste boreali. Ma uno dei fattori più imprevedibili riguarda il clima del futuro: ci sarà più o meno neve rispetto a oggi? Se gli scienziati si impegneranno come per la scomparsa dei ghiacci marini, sarà la nostra capacità di seguire materialmente i cambiamenti in corso e di proiettarli nel futuro, e non i modelli da soli, a rispondere alle grandi domande. E, come era facile aspettarsi, nello sviluppo dei modelli le coppie di fotografie dell'Alaska sono usate per le verifiche.

Per fortuna la Marina ha realizzato straordinarie foto della North Slope, e per fortuna quelle foto sono finite nelle nostre mani. Nella scienza, la fortuna non è meno importante che in altri aspetti della vita. Se non avessimo trovato quelle foto avremmo potuto impiegare molto più tempo a capire che si stava verificando una trasformazione del paesaggio profonda quanto la perdita dei ghiacci marini. Le immagini producono prove subito visibili e più facili da capire, sebbene senza i satelliti e l'attento lavoro degli esperti in dendrocronologia saremmo all'oscuro di altre tessere del mosaico.

Ora la sfida è elaborare un metodo con cui prevedere come si svilupperà la situazione sulle terre artiche e a quale velocità. La complessità dei sistemi biologici rende difficile questo lavoro e tuttavia, se non ci riusciremo in fretta, il cambiamento ci arriverà addosso, costringendoci a reagire invece di giocare d'anticipo. Ma già ora sono sicuro che questa partita si sta giocando in tre colori: verde, marrone e bianco. ■

Letture

Recent Climate Warming Forces Contrasting Growth Responses of White Spruce at Treeline in Alaska through Temperature Thresholds. Wilmking M. e altri, in «Global Change Biology», Vol. 10, n. 10, pp. 1724-1736, ottobre 2004.

The Evidence for Shrub Expansion in Northern Alaska and the Pan-Arctic. Tape K., Sturm M. e Racine C., in «Global Change Biology», Vol. 12, n. 4, pp. 686-702, aprile 2006.

Responses of the Circumpolar Boreal Forest to 20th Century Climate Variability. Lloyd A.H. e Bunn A.G., in «Environmental Research Letters», Vol. 2, n. 4, pp. 1-13, 26 novembre 2007.

The Greening and Browning of Alaska Based on 1982-2003 Satellite Data. Verbyla D., in «Global Ecology and Biogeography», Vol. 17, n. 4, pp. 547-555, luglio 2008.

Russian Arctic Warming and «Greening» Are Closely Tracked by Tundra Shrub Willows. Forbes B.C., Macias Fauria M. e Zetterberg P., in «Global Climate Change Biology», pubblicato on line il 7 agosto 2009.

Cortesia Matthew Sturm (*Sturm, pagina a fronte*), Alaska Stock (*incendio, pagina a fronte*); cortesia Scott Goetz, Woods Hole Research Center (*mappa*)

Una lente più potente per le MALATTIE

Grazie a vetrini digitalizzati, le diagnosi dei medici patologi saranno più rapide e accurate

di Mike May

IN SINTESI

- Da tempo ormai si attende una riorganizzazione della patologia, specializzazione medica che esamina campioni di tessuto come avveniva un secolo fa.
- Le nuove tecniche consentono di trattare le immagini digitalizzate in modi nuovi.
- In definitiva, la patologia digitale consentirà diagnosi più precise dei campioni, che provengano dalla scena del crimine oppure dal laboratorio di un oncologo.

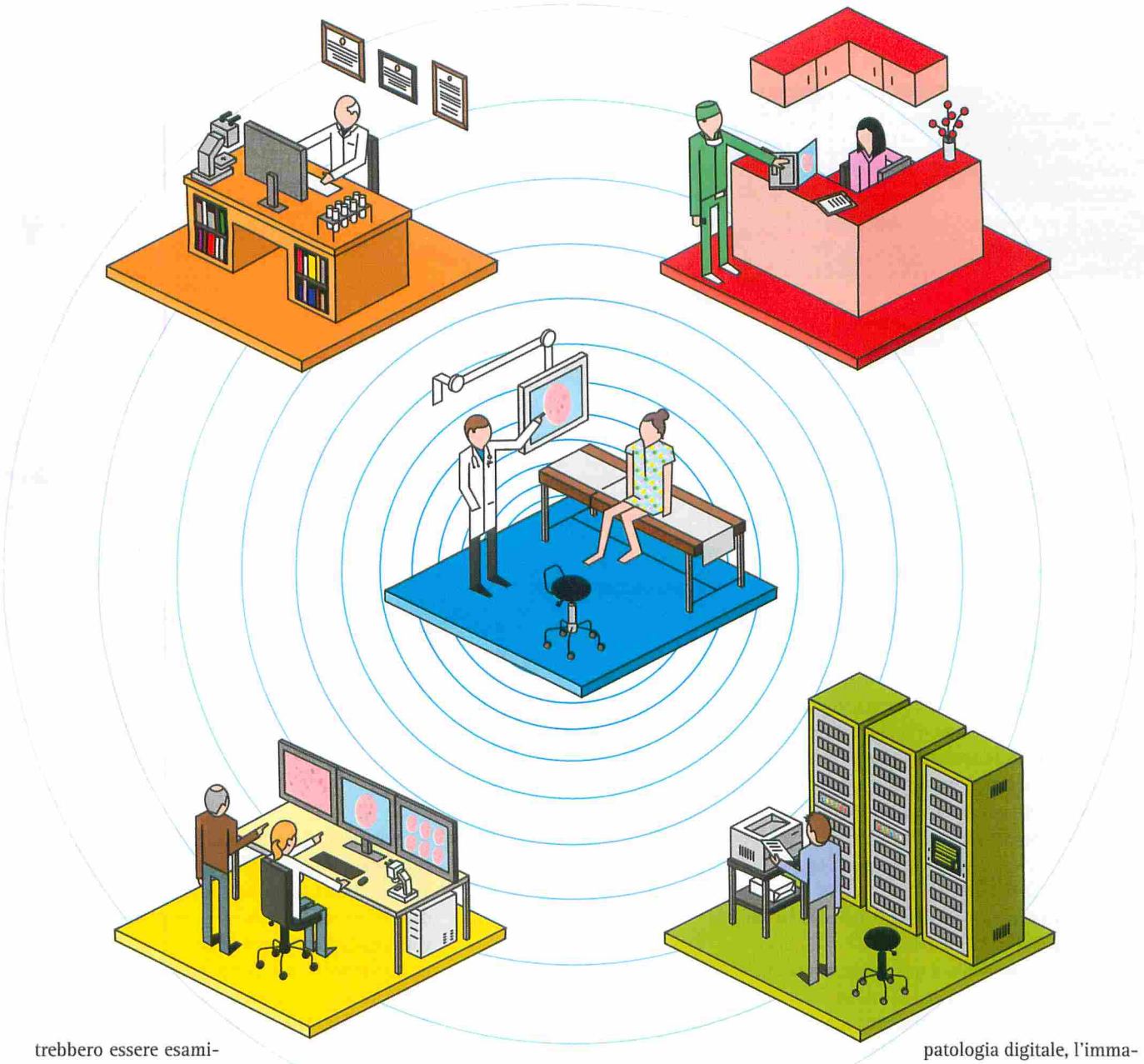
Alla fine degli anni novanta Dirk G. Soenksen immaginava un futuro nuovo per la patologia. A quell'epoca, spesso i patologi sedevano su pile di elenchi telefonici per vedere meglio al microscopio, nonostante i figli di Soenksen avessero già a disposizione schermi ad alta risoluzione per i loro videogiochi. «Perché i microscopisti non possono guardare lo schermo di un computer?», si chiedeva.

Questa domanda ha spinto Soenksen a intraprendere un lungo viaggio iniziato nel garage di casa. Dopo 18 mesi di intenso lavoro era a capo di una neonata azienda di patologia digitale chiamata Aperio, che oggi dirige a Vista, in California. Oltre a realizzare il semplice spostamento di immagini di tessuti malati dai microscopi ai computer, la sua tecnologia, come quella di altre aziende di servizi sanitari appena avviate o già affermate, vuole migliorare la qualità dell'anatomia patologica, che si occupa dell'interpretazione delle biopsie. Questa innovazione dovrebbe migliorare l'accuratezza delle diagnosi e aiutare i medici a monitorare l'efficacia di una terapia, in modo da poterla cambiare rapidamente ogni volta che sia necessario.

La maggior parte dei patologi usa già il computer, se non altro per registrare le informazioni sui pazienti. Oltre allo schermo di un computer, sulla scrivania di un patologo in genere si trovano blocchi per appunti e pile di documenti di vario genere. Ma probabilmente solo un ricercatore in patologia è in grado di esaminare un campione sotto forma di file digitale. In generale, oggi i medici patologi non sono in grado di realizzare od ottenere vetrini digitalizzati, e la revisione di questi vetrini è approvata dalla statunitense Food and Drug Administration solo per poche applicazioni mediche, tutte collegate al cancro al seno.

Per ora, le centinaia di milioni di vetrini istologici preparati ogni anno continuano a essere trattate come lo sono da ormai un secolo. Un campione di tessuto è tagliato in sezioni sottili come un foglio di carta, se non addirittura più sottili, e una colorazione evidenzia caratteristiche specifiche. Poi un patologo mette il vetrino sotto un microscopio. Nella biopsia di un cancro al seno, per esempio, il patologo cerca una serie di caratteristiche nel tessuto, tra cui il numero di cellule anomale nella sezione e il grado del tumore, legato a caratteristiche come la struttura cellulare. «Lo si fa osservando ogni punto al microscopio», conferma George K. Michalopoulos, dirigente del Dipartimento di patologia dell'Università di Pittsburgh.

Di fatto, i patologi non osservano ogni punto su ogni vetrino, mentre le versioni digitalizzate po-



trebbero essere esaminate molto più accuratamente. Un computer potrebbe analizzare ogni pixel su ciascun vetrino digitale. E potrebbe trovare e misurare caratteristiche indicative di salute e malattia, quali struttura, colore, aspetto e intensità di ciascun pixel in ogni cellula. Un patologo curvo su un microscopio potrebbe valutare le stesse caratteristiche solo per un piccolo numero di cellule.

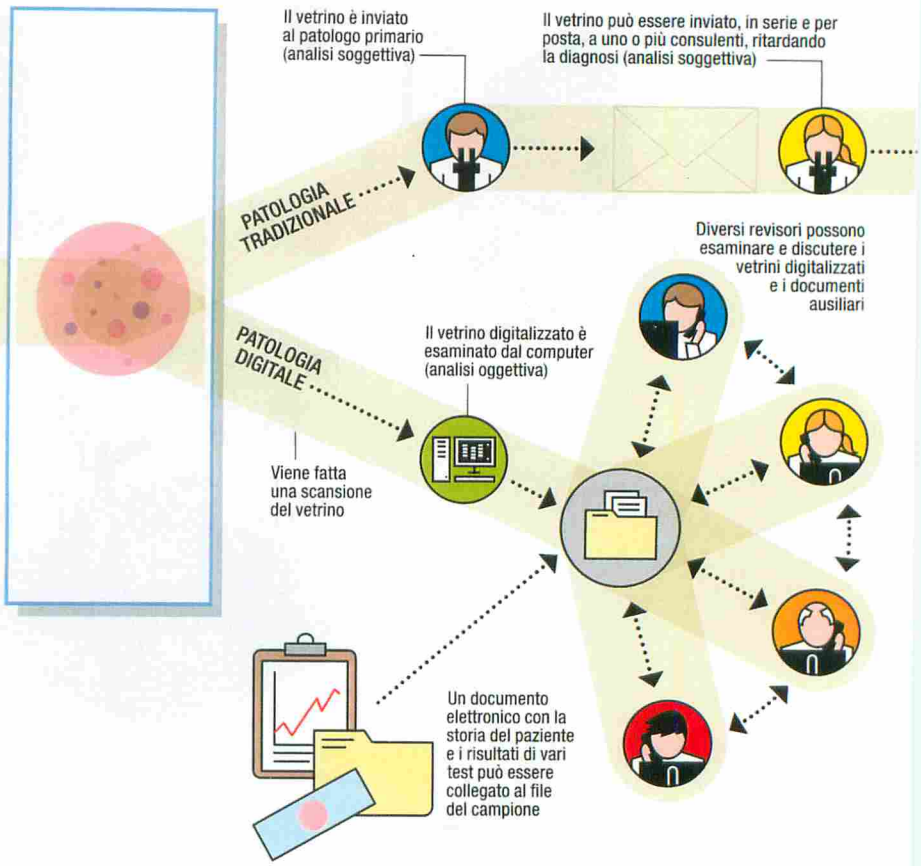
Il passaggio ai computer non farà certo scomparire i patologi, anzi. In realtà la digitalizzazione dei vetrini può coinvolgere più patologi nell'elaborazione di una diagnosi, contribuendo a evitare errori. Michalopoulos afferma che il consulto con altri riguardo una diagnosi è «il pane quotidiano in patologia». Ma oggi, spiega, «si spedisce un vetrino per posta e ci vogliono due o tre giorni, anche usando i metodi più veloci, perché arrivi». Con la patologia digitale, l'immagine di un tessuto potrebbe essere inviata elettronicamente ad altri o, più facilmente, a un sito web protetto, e messa a disposizione di un patologo che si trova all'altro capo del mondo nel giro di pochi secondi. Se la consultazione fosse così facile e rapida, i patologi potrebbero confrontarsi molto più di quanto già facciano oggi. Come afferma Michalopoulos: «Un consulto è l'unica strada per risolvere le controversie e spesso gli esperti hanno pareri contrastanti. Ecco perché è necessario spedire i vetrini a esperti esterni».

DIAGNOSI RESE PIÙ SEMPLICI
dai vetrini digitalizzati di campioni istologici trasformeranno la patologia, una delle poche professioni analitiche che sono rimaste indietro nell'adottare l'informatica su vasta scala.

Combinati tra loro, questi due grandi progressi, più analisi quantitative e una più rapida condivisione delle immagini per la consultazione, sono la principale giustificazione logica per la digitalizzazione i campioni istologici. Il raggiungimento di questo traguardo, però, dipenderà dalla soluzione

Quickhoney

I PATOLOGI CONTINUANO A TRATTARE I VETRINI di tessuto potenzialmente malato come si faceva un secolo fa. Esaminano i campioni preparati al microscopio in un laborioso processo in cui diversi patologi danno la propria opinione. I metodi digitali possono consentire una condivisione immediata dell'immagine del campione, accelerando la diagnosi.



che verrà trovata a una serie di sfide tecnologiche e istituzionali che Aperio, e altre aziende di tecnologia digitale, stanno iniziando ad affrontare.

Un grave ostacolo è la produzione di un'immagine digitale in alta risoluzione di un vetrino, un compito più complicato di quanto si credesse. Nei primi anni novanta alcuni patologi avevano sperimentato approcci del genere puntando una macchina fotografica digitale sull'oculare di un microscopio e scattando immagini. Questo approccio però non arrivava alla risoluzione desiderata.

Nell'attuale patologia digitale si prepara un vetrino in modo tradizionale e poi lo si carica in uno scanner. Un obiettivo microscopico all'interno dello scanner, in sostanza una lente d'ingrandimento, si muove avanti e indietro sul vetrino, e la tecnologia di *imaging*, come una fotocamera CCD (*charge-coupled device*), cattura l'immagine. Nella patologia digitale la velocità è essenziale. Lo scanner di Aperio, per esempio, è in grado di digitalizzare un tipico campione di 15 millimetri di lato (le dimensioni di un francobollo) a una risoluzione di 0,5 micrometri per pixel, in circa due minuti.

Questi numeri rivelano una sfida fondamentale. Per digitalizzare un vetrino del genere alla risoluzione necessaria per una visione dettagliata ci vogliono 900 milioni di pixel. Per darvi un'idea, la scansione di una foto di 10 × 15 centimetri a 300 DPI, risoluzione standard per la stampa su una rivista, è composta da soli 1,8 milioni di pixel. Il vetrino istologico digitalizzato richiede quindi 500 volte più pixel. Per digitalizzare le immagini più rapidamente serve un'elettronica più veloce sia per la raccolta sia per l'elaborazione dei dati. Alcuni scanner acquisiscono l'immagine di un vetrino sotto forma di piccoli quadrati, o piastrelle, messi insieme da un programma per formare un vetrino digitale. Altri dispositivi, come quello di Aperio, fanno la scansione un vetrino in strisce, in modo simile a un fax, e contemporaneamente costruiscono l'immagine.

Non importa quanto sia rapido uno scanner, la velocità non è mai abbastanza. «Probabilmente prepariamo 1,5 milioni di vetrini all'anno, senza contare le colorazioni speciali e il resto», dice Jonhan Ho, patologo della pelle del Medical Center dell'Università di Pittsburgh. Con un unico scanner che funziona a due minuti per vetrino, la scansione dei vetrini di quel centro per un anno richiederebbe tre milioni di minuti, cioè oltre cinque anni di lavoro per 24 ore al giorno, sette giorni su sette.

Ma il digitale è utile?

L'altra questione fondamentale è se i patologi che osservano i vetrini digitali di Aperio e di altre aziende possano identificare le anomalie dei tessuti in modo adeguato come nel caso degli esami al microscopio. Drazen M. Jukic e colleghi del Medical Center dell'Università di Pittsburgh hanno confrontato la patologia tradizionale e le tecniche digitali in un articolo pubblicato nel 2006 su «Human Pathology». Questi medici hanno scoperto che le immagini digitali permettono di diagnosticare malattie con la stessa efficacia dei vetrini.

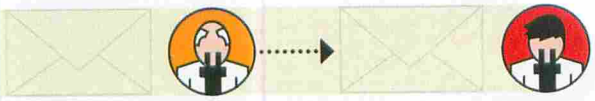
Ma se la patologia digitale è a efficace come i metodi più antiquati, perché dovremmo preferirla? La capacità di condividere facilmente i vetrini è una delle risposte. Il Net Image Server, insieme al programma di visualizzazione OlyVIA della Olympus, per esempio, funziona in modo molto si-

Letture

Digital Pathology Image Analysis: Opportunities and Challenges. Madabhushi A., in «Imaging Medicine», Vol.1, n.1, pp. 7-10, ottobre 2009. Disponibile su **www.futuremedicine.com/doi/abs/10.2217/iim.09.9.**

Digitizing Pathology. Perkel J.M., in «Bioscience Technology», Vol.34, n.2, pp. 8-12, 23 febbraio 2010. Disponibile su **www.biosciencetechnology.com/Articles/2010/02/Imaging-Digitizing-Pathology.**

Quickhoney (*icone*), Jen Christiansen (*infografica*)



mile a una comune pagina web. Invece di inviare vetrini digitalizzati, che possono avere dimensioni di gigabyte e oltre, cioè la quantità di dati contenuta in tre CD, questo programma crea un deposito di vetrini su un sito web o su un server.

Quando un patologo clicca su un'anteprima dell'immagine, il programma della Olympus scarica una porzione dell'immagine che riempie un'area di visualizzazione sullo schermo. Questa procedura somiglia molto alla ricerca di un indirizzo su Google Earth, in cui un utente riceve un'immagine satellitare delle dimensioni di un riquadro di visualizzazione. L'utente può vedere di più dell'immagine semplicemente cliccando e spostandosi con il mouse. Lo stesso si può fare con OlyVIA. Se un patologo invia solo porzioni di un grosso file, altri possono visualizzare le immagini digitalizzate del tessuto grazie a una linea DSL o un collegamento via cavo a Internet.

Anche se la condivisione elettronica renderà la consultazione tra patologi più semplice e rapida, questa caratteristica da sola non porta capacità del tutto nuove alla medicina. Ma l'analisi di immagini computerizzate può realizzare una trasformazione più radicale. Aperio e altre aziende hanno sviluppato un programma analitico, e stanno lavorando a versioni avanzate.

In alcuni casi, come l'esame di immagini di cancro al seno, i patologi possono già muoversi all'interno dell'era digitale. Per esempio, circa un quarto dei tumori al seno producono livelli elevati di una proteina detta recettore 2 del fattore di crescita epidermico umano, o HER2 in breve. È possibile rilevare la presenza di questa proteina nei campioni di tessuto mammario colorandola, in modo che sia visibile in un vetrino istologico.

In genere i patologi guardano questi vetrini osservando intensità della colorazione e numero di cellule colorate. Le stime visive dell'estensione della colorazione (la misurazione di intensità) possono variare moltissimo tra i patologi. La digitalizzazione, accompagnata da un programma che misura l'intensità in ciascun pixel, quantifica le misurazioni di intensità, rendendo le analisi più uniformi e affidabili.

Fino a oggi, solo le tecnologie di Aperio e di BioImagene a Sunnyvale, in California, sono state approvate dall'FDA per interpretare vetrini digitali prodotti per livelli di HER2 sullo schermo di un computer. Le aziende che si occupano di patologia digitale, però, sperano che ci siano altre autorizzazioni in vista, e che la tecnologia continui a progredire. «In un futuro non troppo lontano – dice Cartwright – penso che il computer mostrerà cose che il nostro occhio non può vedere». Come esempio, Cartwright immagina patologi che vogliano quantificare diverse colorazioni usate sullo stesso vetrino. «Se ci fossero cinque colorazioni e volessimo giudicarne l'intensità a occhio nudo, meglio lasciar perdere», spiega. «Non possiamo farlo, mentre per un computer è abbastanza semplice analizzare l'intensità di colori diversi».

Fotografia 10 × 15 centimetri

Quadrato 15 × 15 millimetri

QUAL È IL PROBLEMA?

La tecnologia digitale è molto diffusa. Ma allora perché per lungo tempo i vetrini digitali non sono stati usati? La risposta è legata alla dimensione dei file che contengono i vetrini. Digitalizzare un vetrino delle dimensioni di un francobollo richiede 900 milioni di pixel, circa 500 volte i pixel necessari per una fotografia 10 × 15 a 300 DPI.

Originale: foto 10 x 15 cm
Risoluzione: 300 DPI (standard di stampa)
Pixel totali: 1,8 milioni

Originale: vetrino 15 × 15 mm
Risoluzione: 0,5 micrometri per pixel
Pixel totali: 900 milioni

Integrazioni future

Anche se diverse aziende offrono programmi per uso clinico, prima bisogna convincere i patologi a usare questi sistemi. Per facilitare il processo, gli sviluppatori si stanno concentrando sulla creazione di una «regia». Uno schermo potrebbe visualizzare i vetrini digitali di un grande campione rimosso durante un intervento chirurgico, insieme alla storia del paziente e a rapporti che riassumono i risultati di diversi test.

«Ci vorranno diversi anni», afferma Soenksen. «Occorre integrare l'informazione sul vetrino digitale con il sistema informatico del laboratorio di analisi di un ospedale, il sistema radiologico e altri sistemi. È necessario che tutte queste interfacce condividano le informazioni». Poi aggiunge: «Queste interfacce si stanno sviluppando una alla volta, e ciascuna di esse rappresenta uno sviluppo personalizzato».

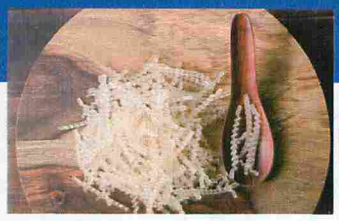
A dispetto delle sfide, la patologia digitale sta già approdando all'uso clinico. Ma sta iniziando da piccole nicchie, come l'esame dei marcatori del cancro al seno. «Un ospedale potrebbe cominciare usando la patologia digitale per il 20 per cento dei campioni e poi espandere questa applicazione negli anni successivi», afferma Cartwright. «Nessuno smetterà di punto in bianco di usare i microscopi».

E la questione della resistenza al cambiamento sarà sempre presente. «Il patologo si sente a suo agio con il microscopio», dichiara Ho. «È uno strumento, come il bisturi o lo stetoscopio. È un'estensione delle nostre dita, per questo c'è resistenza nel rinunciarvi».

Lentamente però la patologia digitale continuerà a farsi strada nella clinica quotidiana. Lungo la strada, i patologi interagiranno di più, quantificheranno di più, e svilupperanno metodi sempre più obiettivi per diagnosticare le malattie e giudicare l'efficacia di una cura. ■

Dove si produce la manioca?

La manioca è una delle colture preferite dai piccoli agricoltori dei Tropici, soprattutto in Africa, dove si concentra più della metà della produzione. La pianta si sviluppa facilmente da piccole talee e tollera siccità e suoli poveri. Le sue radici possono essere raccolte in qualsiasi periodo dell'anno. La manioca si accompagna a una grande varietà di piatti, a seconda delle tradizioni locali. In alcuni paesi è coltivata su scala commerciale.



non vengono lavorate, le radici marciscono nel giro di un giorno. Inoltre le piante di manioca presenti in una determinata regione tendono a essere geneticamente uniformi, e questo le rende più vulnerabili: se una malattia o un'infestazione colpisce una pianta, è molto probabile che verranno colpite tutte. La debolezza più importante, tuttavia, è la sua carenza di nutrienti al di fuori dei carboidrati, che fanno della manioca una risorsa alimentare da cui è rischioso dipendere eccessivamente.

Tecnologia ibrida

Uno di noi due (Nassar) iniziò a interessarsi al miglioramento della manioca mentre lavorava come agronomo in Egitto, il suo paese natale. All'inizio degli anni settanta (un periodo di grandi carestie nell'Africa subsahariana), andò per la prima volta in Brasile per studiare la pianta nel suo ambiente naturale. Subito dopo decise di trasferirsi, e successivamente ottenne anche la cittadinanza brasiliana. Nel 1975, grazie a una piccola borsa di ricerca concessa dall'International Development Research Center canadese, iniziò a creare presso l'Università di Brasilia una raccolta di esemplari vivi di specie selvatiche di *Manihot*, da usare come catalogo di tratti utili da aggiungere alla manioca. Viaggiando per tutto il paese, spesso a piedi o in bicicletta, raccoglieva campioni riportandoli a Brasilia, dove insieme ai suoi collaboratori riuscì infine a far crescere 35 specie diverse.

Questa riserva di biodiversità si sarebbe rivelata importantissima per lo sviluppo delle nuove varietà, sia a Brasilia che altrove nel mondo. Uno dei primi risultati raggiunti dal gruppo, nel 1982, fu la creazione di un ibrido con un maggiore contenuto di proteine. Le radici di manioca contengono in genere solo l'1,5 per cento di proteine, mentre nel frumento questo valore oscilla tra il 9 e il 15 per cento. In particolare, le radici sono carenti di quegli amminoacidi essenziali che contengono zolfo, come metionina, lisina e cisteina. La nuova varietà conteneva fino al 5 per cento di proteine. Attualmente il governo brasiliano sta cercando un modo per ridurre la dipendenza dal frumento d'importazione, per esempio aggiungendo farina di manioca alla farina di grano; usare una manioca migliorata permetterebbe di soddisfare il fabbisogno proteico giornaliero di milioni di brasiliani.

Con l'ibridazione tra la manioca e i suoi parenti selvatici, così come con l'incrocio selettivo tra le diverse varietà di manioca, sarebbe possibile produrre varietà contenenti altri nutrienti importanti.

TUTT'ALTRO CHE PERFETTA

Benché la manioca sia una buona fonte di calorie per molti dei poveri del mondo, un'eccessiva dipendenza da essa può causare denutrizione. In particolare è carente di proteine, vitamine A ed E, ferro e zinco. La pianta ha anche altri difetti:

- Deperisce in fretta se non viene lavorata.
- Viene generalmente propagata per talee, il che provoca uniformità genetica e vulnerabilità a infestanti e malattie.
- Se non sono cucinate in modo adeguato, alcune varietà possono provocare avvelenamento da cianuro, che porta alla paralisi e alla morte.

Mapping Specialists; fonte: Food and Agriculture Organization (*mappa*); Getty Images (*tapioca*); cortesia Neil Palmer Ciat (*cassava*); Andre Baranowski Getty Images (*yuca*)

Il gruppo di Brasilia ha mostrato che alcune specie selvatiche di Manihot sono ricche di amminoacidi essenziali, ferro, zinco e carotenoidi come la luteina, il beta-carotene e il licopene. Il beta-carotene, in particolare, è un'importante fonte di vitamina A, la cui carenza provoca danni progressivi agli occhi (un grave problema diffuso nelle regioni tropicali di Africa, Asia e America Latina). Considerato il ruolo di cibo principale che la manioca ricopre ai Tropici, una varietà ad alto contenuto di carotenoidi contribuirebbe in modo significativo ad alleviare la carenza di vitamina A nei paesi in via di sviluppo. Negli ultimi tre anni il gruppo ha selezionato varietà altamente produttive di manioca, contenenti fino a 50 volte il beta-carotene della manioca normale, e ora sta sperimentando queste varietà con gli agricoltori locali.

Un altro importante progetto ha riguardato il ciclo riproduttivo della pianta. La normale modalità di riproduzione della manioca, l'impollinazione, produce piante figlie che sono diverse dalla pianta madre, e la cui resa è spesso inferiore. Per questo motivo gli agricoltori piantano, in genere, talee delle piante già esistenti, invece di seminare. Questo però permette a virus e batteri di contaminare le piante: generazione dopo generazione, i microrganismi si accumulano fino a ridurre la resa della piante. Come molte altre piante dotate di fiori, anche alcune specie selvatiche di *Manihot* (tra cui *M. glaziovii*, una varietà arborea parente della manioca) possono riprodursi in maniera sia sessuata sia asessuata. I semi provenienti dalla riproduzione asessuata producono sostanzialmente cloni della pianta madre. Dopo più di dieci anni di incroci tra le diverse specie di manioca, i ricercatori di Brasilia hanno ottenuto una varietà che può riprodursi in maniera sessuata e asessuata, producendo, proprio come il suo parente selvatico, due tipi di semi. Ultimato lo studio, la varietà sarà pronta per essere distribuita agli agricoltori.

Ma in *M. glaziovii* ci sono altri geni che potrebbero aiutare a nutrire milioni di abitanti delle zone aride. In genere un ibrido di manioca e *M. glaziovii* presenta due tipi di radici. Uno, simile alla manioca, è carico di amido ed è commestibile. Il secondo tipo, invece, penetra nel terreno fino a raggiungere le fonti d'acqua eventualmente presenti in profondità. Grazie a simili tratti, questi ibridi sono le varietà di manioca più adatte alle zone semiaride come il nord-est del Brasile o le savane dell'Africa subsahariana. Alcune varietà sono state provate dagli agricoltori di Petrolina, una delle zone più aride del Brasile, dimostrando una buona resistenza alla siccità. Ora si sta cercando di migliorare questi ibridi, unendo la tolleranza alla siccità con la resa elevata; a questo fine, sono reincrociati con una varietà produttiva di manioca, dopo di che si selezionano le piante con la resa migliore.

Per migliorare la resa della manioca è anche possibile ricorrere alla tecnica dell'innesto. L'innesto di fusti di specie come *M. glaziovii* o *M. pseudoglaziovii* (o di ibridi tra le due) su portainnesti di manioca ha consentito di incrementare la produzione di radici fino a sette volte nelle coltivazioni sperimentali. Sfortunatamente, in molti paesi la pratica dell'innesto è limitata dall'assenza di questi ibridi selvatici.

Assicurazione contro le malattie

Oltre a migliorare valori nutrizionali e produttività, la selezione artificiale e l'incrocio con le specie selvatiche sono stati cruciali nella lotta agli agenti infestanti e alle malattie. Migliorare la resistenza al virus del mosaico della manioca, per esempio, è uno dei principali obiettivi della ricerca. Negli anni venti, la diffusione di questo virus in Tanganika (oggi Tanzania), nell'Africa orientale,

GLI AUTORI

NAGIB NASSAR, nato al Cairo, ha conseguito un Ph.D. in genetica all'Università di Alessandria. Dal 1975 svolge ricerche sulla manioca all'Università di Brasilia. Le varietà da lui create sono impiegate dagli agricoltori brasiliani e sono state esportate anche in Africa.

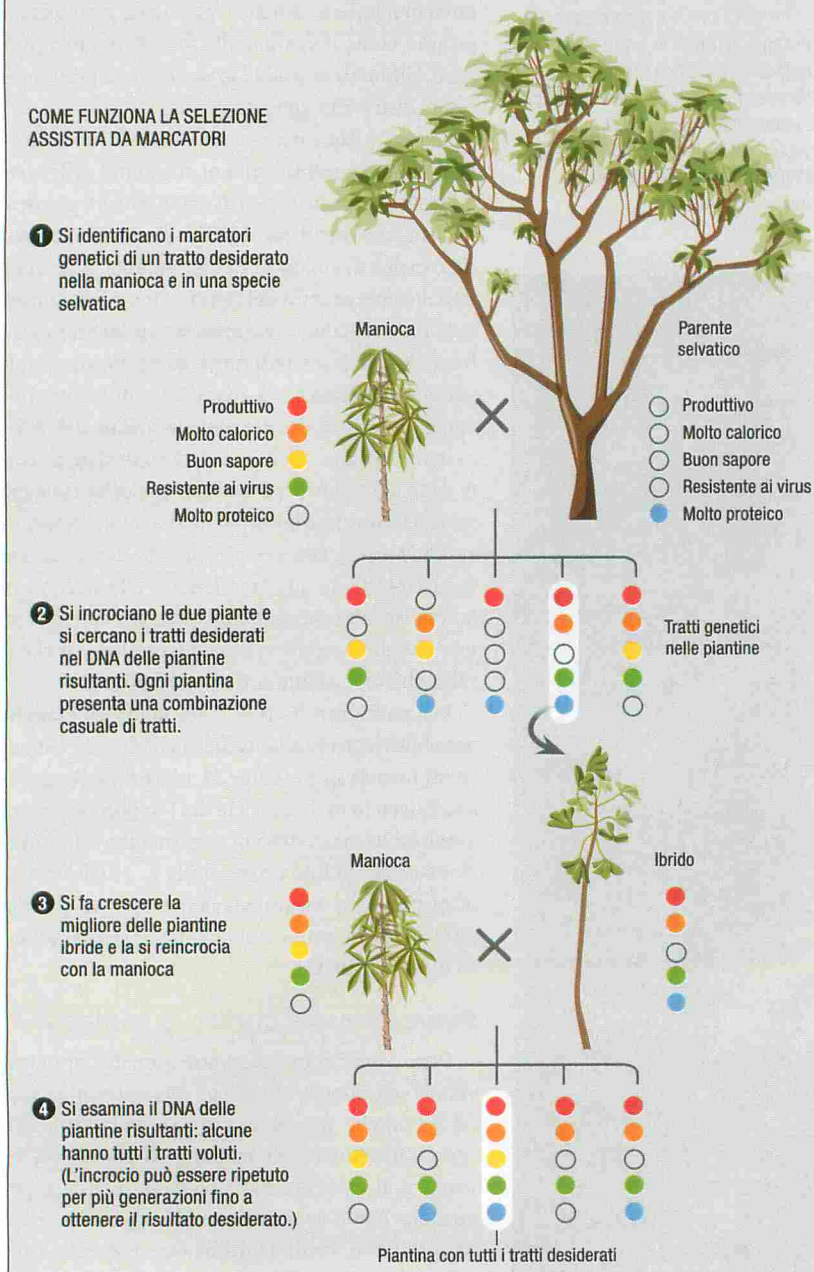
RODOMIRO ORTIZ è nato a Lima. Ha ottenuto un Ph.D. in selezione vegetale e genetica presso l'Università del Wisconsin a Madison. È stato responsabile della gestione risorse dell'International Maize and Wheat Improvement Center di Texcoco, in Messico.

UN COLTIVATORE DI MANIOCA controlla le sue piante a Huila, sulle Ande colombiane.

Cortesia Neil Palmer Ciat (*coltivatore*); cortesia Angela Gorgen (*Nassar*); cortesia CIMMYT Corporate Communications (*Ortiz*)

Unire l'antico e il moderno

Pur non avendo i tratti desiderabili della specie domesticata, spesso i parenti selvatici della manioca, come *Manihot glaziovii* (*a sinistra*), presentano caratteristiche vantaggiose. Applicando la tecnica del reincrocio (*backcrossing*), i selezionatori producono più generazioni di ibridi fino a ottenere la giusta combinazione di tratti. Spesso si aiutano con strumenti moderni, come i marcatori genetici, che rivelano la presenza di un tratto in un seme senza dover attendere lo sviluppo della pianta.



scatenò una carestia. Due scienziati britannici che lavoravano nell'area ibridarono la manioca con *M. glaziovii*, riuscendo dopo circa sette anni di lavoro a salvare le colture. Negli anni settanta il virus tornò a minacciare Nigeria e Zaire (oggi Repubblica Democratica del Congo). I ricercatori dell'International Institute of Tropical Agriculture (IITA), in Nigeria, sfruttarono *M. glaziovii* e i relativi ibridi prodotti dall'Università di Brasilia, riuscendo ancora una volta a sconfiggere il virus. La nuova varietà diede origine a una famiglia di varietà resistenti al virus del mosaico che oggi è coltivata su oltre quattro milioni di ettari in tutta l'Africa subsahariana, e la Nigeria è diventata il maggior produttore mondiale di manioca. Tuttavia, poiché i virus sono soggetti a frequenti mutazioni genetiche, è probabile che prima o poi nuovi ceppi del mosaico riusciranno a superare le difese di queste varietà, ma grazie alla selezione preventiva sarà possibile rimanere un passo avanti rispetto alla malattia.

La cocciniglia della manioca (*Phenacoccus manioti*) è uno degli infestanti più virulenti che la pianta debba affrontare nell'Africa subsahariana. L'insetto, che uccide le piante succhiandone la linfa, fu particolarmente devastante negli anni settanta e nei primi anni ottanta, quando la distruzione fu tale che praticamente la produzione di manioca cessò. Verso la fine degli anni settanta l'IITA, insieme ad altri partner di ricerca, introdusse una vespa predatrice che depone le uova nelle cocciniglie, così che le larve, una volta nate, le divorano dall'interno.

Grazie a questa contromisura la cocciniglia della manioca fu tenuta sotto controllo in quasi tutte le zone di produzione africane per gran parte degli anni ottanta e tutti i novanta. In alcune, ristrette aree dello Zaire, però, il sistema non funzionò bene a causa di un aumento dei predatori delle vespe. Verso la metà del decennio scorso il gruppo di Brasilia ha cercato una soluzione tra le specie selvatiche di *Manihot*, individuando tratti di resistenza alla cocciniglia proprio in *M. glaziovii*. Le varietà resistenti sono ora coltivate da piccoli agricoltori nella regione di Brasilia, e potranno essere esportate se la piaga dovesse ripresentarsi.

Per quanto riguarda il futuro, nuovi e preziosi tratti potrebbero emergere dalla produzione di chimere. Una chimera è un organismo al cui interno sono presenti due o più tessuti geneticamente diversi. Ne esistono due tipi principali: nelle chimere dette settoriali, due diversi settori longitudinali di tessuto sono visibili nell'organo della pianta, ma la loro crescita non è stabile, perché uno dei due cresce più rapidamente dell'altro e in poco tempo può arrivare a occupare l'intero germoglio. Nel secon-

Jessica Huppi (*illustrazioni*; cortesia Forest e Kim Starr (*foto*)

La via delle biotecnologie

Oggi ampiamente usata nell'agricoltura dei paesi ricchi, l'ingegneria genetica sta iniziando a mostrare qualche risultato interessante anche nel caso della manioca. Ci vorrà ancora molto tempo, tuttavia, prima che le varietà geneticamente modificate si diffondano su ampia scala, ed è possibile che i fondi per la ricerca siano reindirizzati verso metodi di selezione più tradizionali e meno costosi.

Importanti progressi sono stati compiuti grazie alla collaborazione internazionale chiamata BioCassava Plus. Lo scorso anno il gruppo ha annunciato di essere riuscito a creare varietà di manioca ricche di zinco, ferro, proteine, beta-carotene (una fonte vitamina A) e vitamina E usando geni provenienti da altri organismi, tra cui alghe, batteri e piante.

«Abbiamo raggiunto l'obiettivo», afferma Richard Sayre, ricercatore del Donald Danforth Plant Science Center di St. Louis a capo di BioCassava Plus. Tutte le nuove varietà transgeniche sono ora in fase di sperimentazione in campo aperto a Puerto Rico e il gruppo ha ricevuto il via libera per iniziare altre sperimentazioni in Nigeria. È possibile inserire il beta-carotene nella manioca attraverso le tecniche tradizionali, dice, ma per il ferro e lo zinco finora solo l'ingegneria genetica ha mostrato qualche risultato. Nel frattempo, il gruppo di Sayre sta cercando di combinare tutti i tratti in un'unica varietà. Il progetto è finanziato dalla Fondazione Bill & Melinda Gates e dalla Monsanto. (Il sostegno della Monsanto, però, non è disinteressato: l'azienda si riserva il diritto di far pagare per l'uso delle varietà gli agricoltori i cui utili superino i 10.000 dollari all'anno.)

MANIOCA geneticamente modificata.

Peter Beyer, dell'Università di Friburgo, definisce rivoluzionari i risultati ottenuti da BioCassava Plus. «C'è però ancora molta strada da fare per arrivare al prodotto finito», aggiunge. Beyer ne sa qualcosa: il riso al beta-carotene Golden Rice che lui e i suoi colleghi annunciarono nel 2000 è arrivato solo ora alla fase di approvazione in alcuni paesi. Progettare nuovi organismi non richiede molto tempo, commenta, ma dimostrare che sono sicuri per l'ambiente e per i consumatori, e ottenerne varietà che soddisfino i gusti locali richiede normalmente tra i 10 e i 12 anni. «Le leggi non ci permettono di procedere con la stessa rapidità concessa alle varietà ottenute tradizionalmente», spiega.

Oltre a non essere necessariamente più veloce della selezione tradizionale, l'ingegneria genetica è anche molto più costosa, e a volte geni che funzionano bene in un organismo non funzionano in un altro. «Molti hanno creduto ciecamente alle promesse dell'ingegneria genetica», afferma Doug Gurian-Sherman della Union of Concerned Scientists, e per questo essa ha ricevuto una quantità sproporzionata di fondi. «Credo che mettere tutte le uova in un cesto solo sia un errore enorme», dice Gurian-Sherman, aggiungendo che spetterebbe agli enti pubblici per il finanziamento della ricerca ristabilire il giusto equilibrio.

do tipo di chimera, detta periclinale, la parte esterna del germoglio è invece disposta intorno a quella interna, con una maggiore stabilità rispetto alla chimera settoriale. Attualmente stiamo usando tessuti provenienti da *M. glaziovii* per sviluppare una tecnica di innesto che produca chimere periclinali stabili. Un approccio di questo tipo consentirebbe di indurre nelle piante una crescita continua delle radici. Fino a oggi le chimere hanno mostrato una buona produttività, e sembrano essere particolarmente adatte alle zone semiaride.

La manioca dovrebbe trovarsi in cima alla lista delle priorità dell'agronomia, ma non ha mai destato particolare interesse scientifico. Sono pochissimi i laboratori di ricerca che si sono occupati di questa pianta, forse perché è coltivata ai tropici, lontano dal campo d'azione della maggior parte degli scienziati occidentali. A causa di questa carenza di investimenti, le rese annuali medie in Sud America, in America centrale e in Africa non superano le 14 tonnellate per ettaro. Alcune ricerche dimostrano invece che, con alcuni miglioramenti, la manioca potrebbe produrre quattro volte tanto e sfamare molte più persone, sia nelle zone dove attualmente è coltivata sia altrove.

Sembra però che un certo interesse per questa pianta stia emergendo anche nei paesi sviluppati. I ricercatori del Donald Danforth Plant Science Center di St. Louis hanno avviato un progetto per inserire nella manioca geni provenienti da altre specie vegetali o da batteri, allo scopo di aumentarne i valori nutrizionali e migliorarne la conservabilità (*si veda il box in alto*). Il sequenziamento del genoma della manioca, di cui è stata pubblicata la prima bozza, accelererà sicuramente lo sviluppo di varietà transgeniche, ma favorirà anche i programmi di selezione tradizionale. Per esempio, grazie alle tecniche di selezione assistita da marcatori ora è possibile sfruttare le informazioni ricavate dall'analisi genetica per guidare la selezione dei tratti desiderati. Infine, la creazione di una rete globale che coordini gli sforzi di tutte le istituzioni che fanno ricerca sulla manioca garantirebbe che il potenziale di questa preziosa pianta non vada sprecato. ■

Letture

Il grano di domani. Goff S.A. e Salmeron J.M., in «Le Scienze» n. 433, settembre 2004.

Il futuro dell'agricoltura. Glover J.D., Cox C.M. e Reganold J.P., in «Le Scienze» n. 470, ottobre 2007.

Failure to yield: evaluating the performance of genetically engineered crops. Gurian-Sherman D., Union of Concerned Scientists, 2009. Disponibile su **www.ucsusa.org/food_and_agriculture.**

Cortesia Shantha J. R. Pieris

Forse, un forziere

A bordo di un gommone nel Mar Ionio, i Rudi vanno a caccia di un forziere misterioso su procura di un personaggio ancora più misterioso...

di Rodolfo Clerico, Piero Fabbri e Francesca Ortenzio

La scena non era troppo diversa dal set di *Ore 10: calma piatta*. Lo Ionio blu non aveva nulla da invidiare al Pacifico australiano ,e l'onesto gommone arancione riusciva a fare le veci del lussuoso *yacht* d'altura. Alice era forse un po' meno prorompente di Nicole Kidman, per non parlare degli altri due rosei figuri in pantaloncini da bagno, che tutto ricordavano meno che i divi di Hollywood; ma c'era il caldo torrido di luglio e neanche una bava di vento, ad accomunare i due paesaggi.

«Vela, GC, vela!». Piotr borbotta e mugugna, affranto dal caldo e rosolato come una salsiccia nel biancore flaccido della crema solare protezione 120. «Avevo detto vela, io! Se proprio devo soffrire il mal di mare, avrei almeno voluto dare elegantemente di stomaco dalle alte murate d'un 12 metri, non da questo salvagente con manie di grandezza».

Rudy aveva entrambe le mani impegnate: la destra a sostenere la pipa e la mancina a governare il timone. «Non sbilanciarti troppo, Doc. Si capisce benissimo che tutto quel che sai di vela ti arriva da un paio di nottate passate davanti alla televisione durante una Coppa America. Scommetto che non sei neppure in grado di distinguere un *ketch* da uno *yawl*».

Occhi protetti da lenti scure e volto proteso verso il sole impietoso, Alice procede a grandi passi verso un'abbronzatura memorabile. Non si volta neppure verso gli amici, rimane lucertolescamente distesa a prua, ma questo non le impedisce di intervenire nel discorso.

«Smettetela di brontolare, voi due. Siamo quasi in vacanza, ricordate? E a proposito del "quasi": Rudy, mi ripeteresti gli accordi che hai preso con quel tuo amico?».

«Non è propriamente un amico. Consideriamolo un cliente, piuttosto». Rudy nasconde lo sguardo dietro le fotocromatiche, lancia uno sguardo veloce alla costa distante mezzo miglio e scruta ancora una volta il GPS portatile. Poi riprende il discorso: «Allora, il tizio ci offre una bella somma se gli diamo una mano a recuperare quello che lui ha definito un "grosso forziere di metallo"; mi ha raccontato una strana storia, dicendo di averlo perduto in mare durante una burrasca. Non conterrebbe nulla di prezioso, se non dal punto di vista affettivo. E, insomma, vuole che gli diamo una mano a ripescarlo».

«Non potevi dirgli che avrebbe fatto meglio a rivolgersi a una squadra di sommozzatori e palombari? Anche se non patite il mal di mare come me, neanche voi due mi date l'aria di essere validi emuli di Jacques Cousteau».

La soluzione del problema esposto in queste pagine sarà pubblicata in forma breve sul numero di agosto e in forma estesa sul nostro sito: www.lescienze.it. Potete mandare le vostre risposte all'indirizzo e-mail: rudi@lescienze.it.

«Ma il nostro committente non vuole affatto che recuperiamo il forziere, Doc. Anzi, mi è sembrato abbastanza infastidito all'idea che noi si possa assistere fisicamente al recupero. Da noi vuole solo indicazioni precise su dove effettuare le ricerche».

«Immagino che avrà qualche indicazione di massima, almeno...», mormora la lucertola stesa a prua.

«Anche più che "di massima", a dire il vero. Ha buoni rivelatori monouso: sono strumenti che si lanciano in mare per intercettare masse di metallo, e prima di arenarsi per sempre sul fondo ti dicono via radio quanto dista la massa metallica. Ne ha già lanciati due: uno in un punto che non ha voluto rivelarmi, l'altro 300 metri a est e 400 a nord del primo punto. Il rivelatore numero uno ha segnalato il forziere a 450 metri di distanza, il secondo a 350».

«Beh, allora è quasi fatta, no?», dice Piotr. «Con queste condizioni, forse addirittura io riuscirei a capire dove tuffarmi per ripescare il forziere».

«Già – ammette Rudy – però ci sono un paio di cose importanti di cui tenere conto: innanzitutto i rivelatori hanno un certo grado di imprecisione, pari al dieci per cento della misura. Se ti dicono che il tesoro è a 100 metri, puoi esser certo solo che si trovi tra i 90 e 110. Secondo, le capacità tecniche di perlustrazione del nostro cliente sono strane e limitate: ha detto che può permettersi di esplorare solo un'unica area ben delimitata di fondale, non superiore a 2000 o 3000 metri quadrati».

«Che razza di limitazione», osserva Alice mentre cambia posizione e mette in cottura la schiena. «Allora il tizio deve essere meno ricco di quel che sembra...».

«O peggio – dice meditabondo Piotr – è uno che non vuole dare troppo nell'occhio mentre compie le sue ricerche...».

«Ogni tanto mi stupisci, Doc», risponde Rudy. «Alla fine sono arrivato anch'io alla stessa conclusione che tu hai raggiunto in pochi istanti. Sia come sia, ecco come stanno le cose: oltre a quelle due misure già fatte, il nostro cliente ha altri due rivelatori, sempre con una precisione del dieci per cento, che per ragioni che non ha voluto spiegare devono necessariamente essere lanciati nello stesso momento, anche se naturalmente in punti diversi. Sono gli ultimi due che ha, e dalle loro misurazioni dovremmo essere in grado di restringere come da richieste l'area da esplorare».

«Beh, così è un po' meno semplice», mormora Alice, dietro gli occhiali da sole.

«Comunque, non si spiegano ancora alcune cose importanti», fa Piotr improvvisamente battagliero. «Perché il tizio ha tante cautele e limitazioni per recuperare qualcosa che dovrebbe essere di sua proprietà? E perché noi siamo qui in barca e non in una stanza con carta, penna, birra e aria condizionata a fare i calcoli necessari?».

Rudy ferma il gommone e molla una piccola ancora. «I calcoli necessari li ho già fatti io. Ho anche già consegnato i risultati al tizio, che ha generosamente pagato: con quali soldi credete che abbia affittato questo gommone? Ma non ho mai creduto alla storia del forziere, così ho incaricato un professionista di scoprire dove il nostro amico avesse fatto le prime ricerche. E adesso aspetto che il suo bianco yacht compaia all'orizzonte».

Alice si solleva a sedere, e nota che Rudy estrae dalla borsa una macchina fotografica dotata di un gigantesco teleobiettivo.

«Qui? Adesso? Ma pensi proprio che ci sia qualcosa di losco, in questa storia?».

Rudy esplora metodicamente l'orizzonte attraverso il mirino della macchina. Improvvisamente si ferma, puntando una macchiolina chiara distante. Senza interrompere l'osservazione, riprende a parlare.

«Voi due vi lasciate portare in giro senza neppure chiedervi dove. Quel paesino che vedete lontano, sulla costa, è Riace Marina. Il nostro cliente, ho scoperto, è uno dei più noti trafficanti internazionali di arte antica. Mi gioco la pipa che in qualche modo è riuscito a scoprire un terzo bronzo ancora da recuperare in mare, e sono convinto che non abbia nessuna intenzione di donarlo al Museo di Reggio Calabria. Ma se riesco a fare il paparazzo per bene, oggi, mi sa che dovrà rassegnarsi all'idea... Ma adesso basta, che a controllare lo yacht basto io. Voi due ditemi come ho fatto a guadagnarmi l'assegno, piuttosto!».

Il problema di giugno

Il mese scorso, a teatro, Alice voleva ottimizzare le sue probabilità di cenare con gli attori. Se decide di presentarsi da sola ogni sera per m sere di seguito, la sua probabilità di NON vincere è

$$P_1 = \left(\frac{S-1}{S} \right)^m$$

dove S è il numero degli spettatori. Se invece decide di raggruppare gli m biglietti in una sola serata la probabilità è:

$$P_2 = \left(\frac{S-m}{S} \right)$$

Si dimostra che P_2 è minore di P_1, e siccome stiamo calcolando le probabilità di perdere, è meglio se Alice va una sera sola con tutti gli m amici.

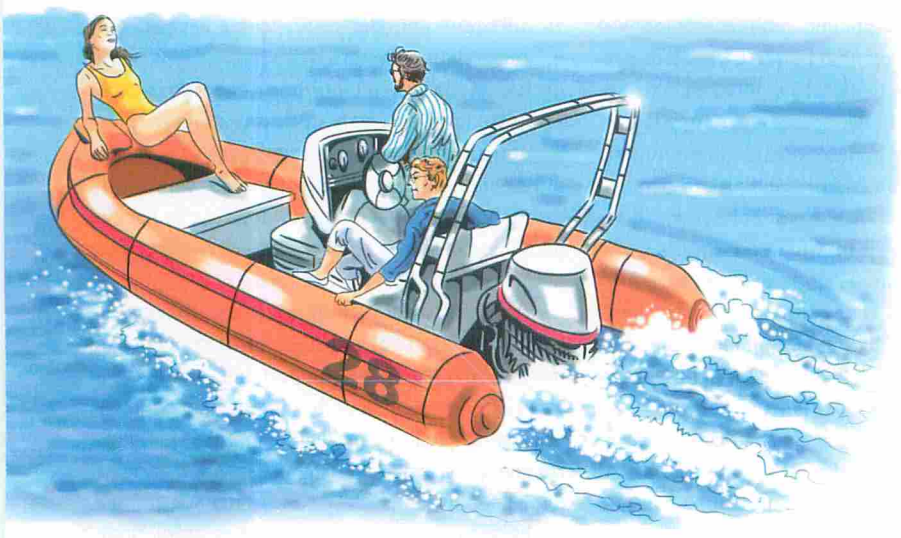


Illustrazione di Stefano Fabbri

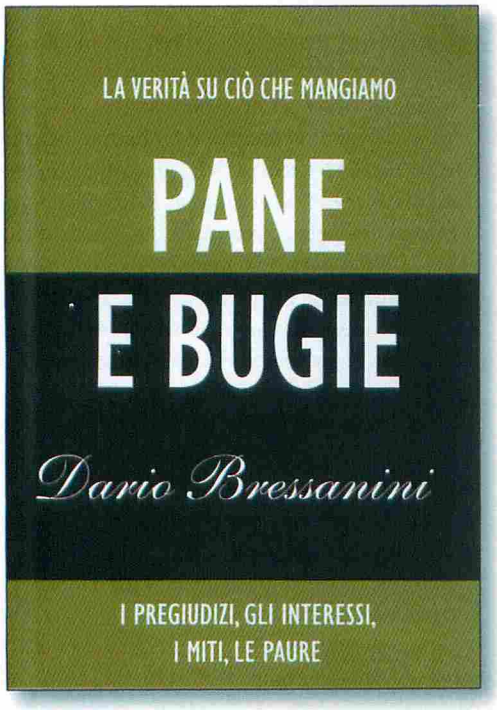
La disinformazione è servita

PANE E BUGIE.

di Dario Bressanini

Chiarelettere, Milano, 2010, pp. 300 (euro 13,60).

di Folco Claudi



Viene usato per raffreddare i reattori nucleari e come solvente industriale, è il principale componente delle piogge acide, al punto da aver contaminato le falde acquifere. È implicato nell'effetto serra, nell'erosione del suolo e nella distruzione di molti paesaggi naturali. È difficile evitarne il contatto, perché si mescola con l'acqua, e quindi arriva nelle nostre case attraverso i rubinetti, finisce sulle nostre tavole. Stiamo parlando del monossido di diidrogeno, o brevemente DHMO, una molecola tanto diffusa che è possibile trovarne traccia in ogni nostra cellula. Perché nessuno fa nulla per cercare di bandirla o almeno di limitarne l'uso a casi particolari?

Una prima risposta forse si è già affacciata alla nostra mente: le multinazionali, per esempio i grandi produttori di bibite gassate, ne fanno ampiamente uso, e sappiamo quali potenti lobby si scatenino in questi casi, a dispetto della salute pubblica. Una seconda risposta è però quella corretta: il monossido di diidrogeno non è altro che H_2O, cioè acqua.

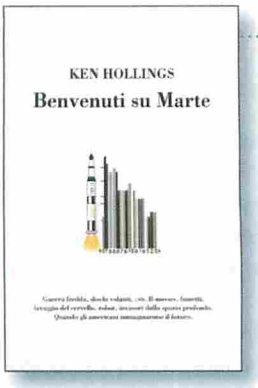
Il breve testo che precede gira su Internet ed è riportato nel nuovo saggio di Dario Bressanini, ricercatore del Dipartimento di scienze chimiche e ambientali dell'Università dell'Insubria e titolare della rubrica *Pentole & Provette* di «Le Scienze», nonché del blog *Scienza in cucina*. Si tratta di un testo costruito ad arte per beffare la buonafede del lettore, ma per una buona causa, e cioè spiegare come si possa manipolare la comune percezione del rischio e catalizzare l'emotività del lettore contro un bersaglio ben definito: una molecola, un alimento o un organismo geneticamente modificato, qualunque cosa, insomma, evochi lo spettro di un rischio per la salute.

L'esempio è istruttivo, soprattutto a rappresentare la forma che può assumere la disinformazione: in effetti sono riportati solo fatti veri, ma strutturati per solleticare i tratti paranoidi che albergano in molte persone. E così da anni mangiamo «pane e bugie», come recita il titolo del libro.

Il forno a microonde? È cancerogeno perché altera la struttura molecolare dei cibi (che certamente cambia in ogni tipo di cottura). Gli spaghetti? Possono essere radioattivi, perché prodotti con varietà di cereali modificate mediante radiazioni. Gli OGM? Il peggio del peggio: chi mangia un pomodoro geneticamente modificato per resistere al gelo ed è allergico al pesce può andare incontro a shock anafilattico, per colpa di un gene estratto da specie ittiche che vivono in acque fredde. Se invece lo stesso gene di pesce è stato inserito nel DNA di fragola, il rischio è di sentire in bocca uno strano sapore di glicole etilenico, contenuto nell'antigelo per radiatori. Peccato che né il pomodoro né la fragola siano mai esistiti.

Non unica, ma fondamentale premessa a questo terrorismo alimentare è l'ignoranza su ciò di cui si parla. Non la veniale mancanza di conoscenza sull'argomento del lettore, come nel caso della nomenclatura chimica dell'acqua-DHMO, ma di un fenomeno esteso e profondo che riguarda soprattutto molti di coloro che diffondono le informazioni: politici, anche con incarichi governativi di rilievo, esponenti di associazioni e soprattutto giornalisti, tutti personaggi pubblici che spesso, paradossalmente, si ergono a difensori della salute pubblica e dei diritti del cittadino.

Non si salva certo chi produce gli alimenti e le sostanze incriminati, che ha informazioni corrette ma non divulga quelle che potrebbero nuocere al proprio business. Il dibattito sulla sicurezza alimentare, come quelli su altri temi di interesse pubblico, rimane spesso prigioniero di un confronto tra ideologie poco rispettose delle conoscenze scientifiche, anche se c'è spazio per chi, come Bressanini, riporta solo fatti accertati senza assumere posizioni preconcette e insinuando qualche sano dubbio. A cui si aggiunge un triste sospetto: che la comunicazione di massa e la ricerca del consenso non possano fare a meno dell'emotività e di tutte le storture e gli errori che si porta dietro. Forse l'obiettività scientifica rimarrà, per sempre, una chimera. In ogni caso fa bene chi non smette di inseguirla.



BENVENUTI SU MARTE

di Ken Hollings

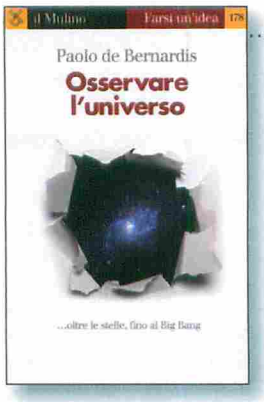
ISBN Edizioni, Milano, 2010, pp. 248 (euro 24,00).

Per l'America gli anni cinquanta furono un decennio di innovazione non solo scientifica, ma anche culturale: in quegli anni gli Stati Uniti entrarono definitivamente nella modernità e si proposero di realizzare uno sviluppo illimitato delle possibilità umane. *Benvenuti su Marte* è un'ottima lettura per gli appassionati di fantascienza, tecnologia e cultura americana. E narra la storia del futuro, cioè delle promesse raccontate nella cultura popolare a strisce e delle conquiste ottenute dalla ricerca scientifica e tecnologica tra 1947 e 1959.

Il materiale su cui ha lavorato l'autore sono la fantascienza dei B-movie e dei fumetti, la pubblicità, la Guerra Fredda e la CIA, così come Disneyland o la RAND Corporation, la famosa impresa di pianificazione e futurologia militare creata dal Pentagono. Le storie raccolte nel libro sono felicemente mescolate tra loro: all'epopea del lancio dello Sputnik e dei suoi effetti sulle scelte degli Stati Uniti si affianca il futuro raccontato in film come *Piano 9 da un altro spazio* o *L'invasione degli ultracorpi*.

Lo stesso Marte è la metafora della destinazione finale dell'umanità. Nuova frontiera planetaria e meta per le vacanze nelle visioni utopiste, oppure rifugio di un'umanità in fuga dall'olocausto nucleare nelle visioni più catastrofiste. Gli anni felici del boom economico erano del resto anche quelli dello scontro con l'Unione Sovietica e del rischio della guerra più distruttiva della storia. Intanto, sullo sfondo, qualcosa stava davvero portando il futuro nelle case degli statunitensi: il mercato dei prodotti tecnologici, che negli anni cinquanta raggiunse per la prima volta dimensioni di massa.

Alessandro Delfanti



OSSERVARE L'UNIVERSO

di Paolo de Bernardis

Il Mulino, Bologna, 2010, pp. 144 (euro 9,80).

«Che fai tu, luna, in ciel? Dimmi, che fai, Silenziosa luna?» Così Giacomo Leopardi immaginava che il *Pastore errante dell'Asia* interrogasse gli astri. In effetti fin dall'antichità tutte le civiltà sono rimaste affascinate dalla volta celeste, e insieme a questo interesse sono cominciate le domande su che cosa ci potesse essere oltre e su come abbia avuto origine il tutto. Oggi le conoscenze cosmologiche danno un modello abbastanza esaustivo e coerente di come sia nato e si sia evoluto il cosmo, ma il cammino per arrivare a questo punto è stato lungo e arduo.

Paolo de Bernardis, professore di astrofisica e cosmologia osservativa dell'Università «La Sapienza» di Roma ripercorre in modo conciso questo cammino in un saggio, soffermandosi però con dovizia di particolari sui momenti fondamentali che l'hanno caratterizzato.

Particolarmente godibili, grazie alla felice penna dell'autore, sono la spiegazione del paradosso di Olbers (se le stelle sono in numero infinito, perché non siamo accecati da un cielo completamente luminoso, invece di vedere una volta celeste per lo più buia?) e il racconto della scoperta casuale del fondo cosmico a microonde da parte di Penzias e Wilson, avvenuta nel 1964, e della sua corretta interpretazione da parte di Robert Dicke come «fossile» della radiazione sprigionata dal big bang.

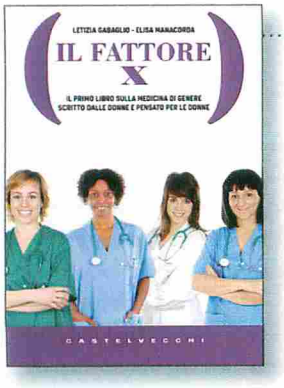
Una lettura istruttiva, che però richiede una certa familiarità con equazioni e formule, che fanno capolino qua e là, rendendo il testo più rigoroso.

Folco Claudi

Piccolo vocabolario per l'italiano scientifico

Le parole sono importanti, diceva il regista e attore Nanni Moretti nel film *Palombella rossa*. Quando si parla di scienza, poi, in particolare sui mezzi di comunicazione di massa, l'uso di termini appropriati dovrebbe essere ancora più accorto, visto che, come scrive Gianni Fochi in ***Fischi per fiaschi nell'italiano scientifico*** (Longanesi, Milano, 2010, pp. 128, euro 12,00), «nel linguaggio comune un uso improprio di termini scientifici in questioni pratiche e di tutti i giorni pregiudica, talvolta nettamente, la possibilità di capirsi, di trasmettere un pensiero senza malintesi».

E allora ben venga questo agevole libretto di Fochi, giornalista scientifico e chimico della Scuola Normale Superiore di Pisa, in cui si riparte dal concetto base di alcuni termini scientifici di frequente uso quotidiano sulla carta stampata, alla radio e alla televisione. Organizzato come un vocabolario, il libro non è un semplice compendio, ma, grazie a esempi illuminanti, fornisce vere e proprie «istruzioni per l'uso» di parole che arrivano da diverse aree della scienza. Con buona pace di chi pensa, e scrive, che «esponenziale» è sinonimo di «grande» o, peggio, di «forte». (*gs*)



IL FATTORE X

di Letizia Gabaglio ed Elisa Manacorda

Castelvecchi Editore, Roma, 2010, pp. 142 (euro 15,00).

Oggi la medicina di genere è argomento di attualità, almeno sulle pagine dei giornali più avveduti. Meno negli ambulatori medici, dove a volte si continua a intervenire con schemi vecchi. E ancor meno nei laboratori delle aziende farmaceutiche, che tendono a semplificare ragionando su un paziente tipo, maschio e adulto.

Ben venga allora questo manualetto di medicina di genere, che riassume senza troppe pedanterie quanto sappiamo in materia. Per offrire alle dirette interessate e a chi si occupa della loro salute informazioni preziose per orientare diagnosi e terapie. Disegnando con l'aiuto di esperte – a occuparsi di medicina di genere sono soprattutto donne – una mappa delle differenze che non riguardano organi sessuali, gravidanza o climaterio. E neanche si soffermano su patologie «femminili», come le malattie autoimmuni o i disturbi dell'alimentazione.

È una scelta deliberata, quella di cimentarsi in temi meno ovvi. Come le malattie cardiovascolari, considerate ancora oggi un pericolo soprattutto per gli uomini, quando nel mondo occidentale sono la prima causa di mortalità per entrambi i sessi. Basti pensare, ricordano le autrici, che tra le donne italiane il solo infarto del miocardio causa il triplo dei decessi del tumore alla mammella. Eppure spesso nelle donne i sintomi premonitori di un attacco di cuore sono trascurati, o confusi con disturbi digestivi.

A introdurre ogni capitolo è una storia che aiuta le lettrici a identificarsi, e forse a trovare soluzioni più efficaci: si tratti della differenza nel rapporto con il dolore – le donne ne soffrono di più e più spesso degli uomini, ma sono anche più preparate a gestirlo – le diverse reazioni a molti farmaci, o i rischi connessi a uno stile di vita sempre più «maschile», ulcere gastriche e patologie respiratorie causate da stress e fumo. Il tutto preceduto da un capitolo sul cervello – e la predisposizione femminile ad attacchi di panico e depressione – che cerca di spiegare «le radici della differenza», il complesso meccanismo ormonale che agisce fin dalle prime fasi dello sviluppo. Ricordando per inciso, e con un pizzico di orgoglio, che biologicamente il genere «di default» è quello femminile.

Paola Emilia Cicerone

RU486 e LA PILLOLA DEL GIORNO DOPO

di Carlo Flamigni e Corrado Melega

L'Asino d'Oro, Roma, 2010, pp. 201 (euro 12,00) e pp. 180 (euro 12,00).

Non tutte le streghe sono state bruciate, recita il sottotitolo di *RU486*, che Carlo Flamigni e Corrado Melega hanno pubblicato per i tipi di L'Asino d'Oro insieme a un altro volume, *La pillola del giorno dopo*. Perché i due libri, oltre che agli operatori sanitari e a coloro che vogliono approfondire questi temi, sono dedicati soprattutto alle donne. Ieri bruciate con l'accusa di stregoneria, oggi ancora troppo spesso private di diritti fondamentali, su tutti quello di decidere del proprio corpo e della propria salute in autonomia e in libertà.

Ma Flamigni, già docente di ostetricia e ginecologia all'Università di Bologna, oggi membro del Comitato nazionale di bioetica e presidente onorario dell'AIED, e Melega, ginecologo, presidente della Commissione regionale Percorso Nascita dell'Emilia-Romagna e tra i fondatori del pronto soccorso per le donne vittime di violenza dell'Ospedale «Maggiore» di Bologna, dedicano *RU486* anche ai membri del Consiglio superiore di sanità, nei confronti dei quali, dichiarano, non nutrono buoni sentimenti. «C'è da chiedersi – scrivono – perché vi sia un così pervicace accanimento contro un farmaco che viene usato nel mondo da più di vent'anni, che è stato definito farmaco essenziale dall'OMS, che è stato approvato dalle più autorevoli agenzie competenti in tema di farmaci, che secondo alcune statistiche ha un indice di percezione positiva superiore al metodo chirurgo, che permetterebbe di eseguire la IVG in condizioni migliori in paesi dove la sicurezza e l'igiene sono scarse, che consentirebbe di non ricorrere all'intervento in settimane di gestazione avanzate con minor pericolo per la salute delle pazienti».

Gli autori rispondono con un linguaggio semplice ma rigoroso, per chiarire i meccanismi d'azione dell'aborto farmacologico e per provare a mettere ordine in un dibattito, quello sull'introduzione in Italia della pillola abortiva, in cui troppo spesso si perde di vista l'obiettivo principale: garantire la libertà e la salute della donna. E siccome troppo spesso si sente parlare indifferentemente di pillola abortiva e di pillola del giorno dopo, mentre sono farmaci diversi, i due libri si possono leggere insieme, per riflettere sui temi della contraccezione d'emergenza e dell'interruzione di gravidanza.

Cinzia Sgheri

Arte e scienza alla National Gallery

TRA SEGRETI E SORPRESE. Ricercatori del Dipartimento scientifico della National Gallery di Londra, dedicato allo studio dei materiali e delle tecniche pittoriche, e utile anche per scoprire falsi, trasformazioni, modifiche e nuove attribuzioni di dipinti.

DOVE & QUANDO:

CLOSE EXAMINATION. Fakes, mistakes and discoveries
dal 30 giugno al 12 settembre
National Gallery, Trafalgar Square
LONDRA
Info: +44 (0) 207 77472865
information@ng-london.org.uk
www.nationalgallery.org.uk

Nel 1894 la National Gallery di Londra acquistò *Battesimo di Cristo*, dipinto di Pietro Perugino, non senza qualche dubbio sull'autenticità, come testimonia la denuncia di qualche anno più tardi: si tratterebbe di un'opera realizzata soltanto nell'Ottocento, secoli dopo la morte del pittore italiano. Il sospetto che si tratti di una copia dell'originale, ideato per l'abbazia benedettina di San Pietro a Perugia, è diventato più consistente quando ne è stata identificata un'altra copia simile, ora conservata a Canterbury. Il mistero si fa più fitto negli anni settanta, quando accurate indagini scientifiche vengono condotte sul dipinto della National Gallery: l'assenza di pigmenti moderni e il caratteristico modo di preparare la tela lo collocano tra XVI e XVII secolo. Collocazione confermata nel 2009 da un'indagine chimica sui pigmenti stessi.

Questa è solo una delle oltre 40 storie della collaborazione tra scienziati ed esperti d'arte che prosegue ormai da quasi ottant'anni al Dipartimento scientifico della National Gallery, il primo al mondo istituito per lo studio dei materiali e delle tecniche pittoriche e oggi celebrato da una mostra che ha aperto i battenti il 30 giugno. Ma il lavoro degli esperti del dipartimento non si limita a cercare di identificare i falsi. Analisi a infrarossi, radiografie, microscopie elettroniche e spettrometrie di massa servono a fare luce su una varietà di problemi che la mostra racconta in sei diverse sale tematiche.

Oltre a *Illusione e inganno*, dedicata ai falsi, ed *Errori*, che illustra le attribuzioni sbagliate, si esplorano le diverse modifiche che i dipinti hanno subito negli anni (*Trasformazioni e modifiche*) e i *Segreti e gli enigmi* che nonostante l'applicazione delle moderne tecniche di indagine rimangono irrisolti. Una sezione monografica è dedicata a Botticelli (*Essere o non essere Botticelli?*), mentre un'intera sezione particolare è *Ritrovamento e recupero*, che celebra importanti ritrovamenti di opere resi possibili grazie agli scienziati.

Close Examination è la prima grande mostra che esplora il rapporto tra scienza e arte nei laboratori di una grande galleria. L'intensa collaborazione tra figure diverse (scienziati, conservatori e curatori) continua a produrre nuove scoperte, contribuendo a sviscerare gli aspetti meno appariscenti ma affascinanti della storia dell'arte pittorica.

Marco Boscolo

Cortesia National Gallery, Londra (*tutte le immagini*)

Il suono di una ciocca di capelli

Mentre i Beatles cantavano di pettini tra i capelli, dall'altra parte dell'oceano c'era chi si applicava a misurarne sperimentalmente il suono

di Marc Abrahams

direttore del bimestrale «Annals of Improbable Research», fondatore e organizzatore del premio IgNobel

Nel 1966 pettinarsi i capelli fece rumore da entrambi i lati dell'Atlantico; a est in musica, a ovest nella scienza. In Inghilterra, i Beatles fecero uscire una canzone che diceva: «Svegliato, uscito dal letto, passato un pettine in testa». Intanto, negli Stati Uniti, William C. Waggoner e George Scott, della Colgate-Palmolive, pubblicavano una monografia che spiegava come erano giunti a misurare, con notevole precisione, il suono che fa un pettine quando attraversa un ciuffo di capelli.

Perché facessero tutto quel che hanno fatto, i Beatles non l'hanno mai spiegato del tutto. Waggoner e Scott, invece, hanno cercato di spiegarsi per bene. Il loro stile di scrittura, però, è un po' diverso da quello di Lennon e McCartney; eccone un sapido assaggio: «Nel tentativo di studiare le caratteristiche di suoni e sensazioni esperiti da un individuo nell'atto di pettinarsi i capelli, è stato sviluppato un pettine elettronico che misura le frequenze sonore dovute all'attrito generato all'interfaccia dente-capello».

CHE TI SUONA SULLA TESTA? Negli anni sessanta due scienziati hanno misurato le frequenze dei suoni prodotti dall'attrito tra pettine e capelli, scoprendo che i capelli ossigenati hanno un suono diverso rispetto a quelli non ossigenati.

Waggoner e Scott escogitarono un semplice metodo per studiare appunto questi elementi, metodo poi descritto nel loro caratteristico stile brillante: «Un pettine Ace Waveserra in gomma dura è stato fissato al microfono a contatto mediante due piccole viti. Una terza vite, disposta in modo da attraversare il telaio del pettine, fa da ponte di contatto a pressione regolabile tra pettine e microfono. In questa situazione, tutte le frequenze sonore ricevute dal pettine sono trasmesse al microfono a contatto attraverso il bullone d'acciaio».

La scoperta più importante effettuata da Waggoner e Scott, a quanto essi stessi sostennero, è che «i capelli ossigenati danno un livello di stridore assai più alto dei capelli non ossigenati».

Come ogni bravo scienziato, peraltro, espressero un sano scetticismo nei confronti del proprio stesso lavoro. «Sarebbe necessario – proposero infatti – esplorare il livello del rumore dovuto all'attrito capello-capello e confrontarlo con quello dovuto all'attrito pettine-capello. Il nostro assunto che la principale componente del rumore sia quella dovuta all'attrito generato all'interfaccia dente-capello potrebbe essere vulnerabile».

Comparso nel «Journal of the Society of Cosmetic Chemists» con il titolo *Metodo sperimentale per la determinazione dello stridore dei capelli*, lo studio di Waggoner e Scott è stato effettivamente solo un primo passo del cammino verso una piena comprensione del suono dei capelli. Sette anni dopo, un resoconto pubblicato sullo stesso giornale specializzato rendeva omaggio al lavoro di acustica tricologica di Waggoner e Scott, e al tempo stesso ne superava i risultati. Walter Newman, che lavorava al Centro di ricerca della Johnson & Johnson, e George Cohen e Cletus Hayes della Bristol-Myers trovarono infatti un santo Graal della scienza del capello. Il loro studio descrive «un metodo quantitativo e riproducibile per misurare la forza necessaria per far passare un pettine attraverso una ciocca di capelli».

Ciò ha a sua volta aperto, anche se solo in via metaforica, la strada che doveva condurre a uno dei più sublimi risultati della fisica moderna, lo studio condotto da sette scienziati australiani e pubblicato nel 2002 con un titolo di indiscutibile afflato lirico: *Un'analisi delle forze richieste per trascinare pecore su superfici diverse.*

Agli autori fu conferito nel 2003 il premio IgNobel per la fisica. Malgrado le accorate proteste del vicecancelliere dell'università in cui lavoravano cinque di essi, il gruppo ha accettato il premio, e ha poi ottenuto grandi riconoscimenti in tutto il mondo.

zilli/iStockphoto

Il vino costoso è più buono?

Una serie di studi sul rapporto tra prezzo e qualità dei vini e sull'attività del cervello monitorata durante una degustazione ha prodotto risultati sorprendenti

di Dario Bressanini

Nel 2008 la rivista «Journal of Wine Economics» ha pubblicato uno studio statistico sull'apprezzamento del vino: 506 persone hanno partecipato a 17 sessioni di degustazione con 523 vini diversi per un totale di 6175 degustazioni organizzate dal critico Robin Goldstein. Il vino è stato presentato in doppio cieco, ovvero né la persona che lo serviva né il degustatore conoscevano l'identità del vino, il prezzo o altre caratteristiche oltre al colore.

Ogni partecipante all'esperimento doveva dare un voto, da uno a quattro, al vino assaggiato. Il prezzo delle bottiglie variava da 1,65 a 150 dollari; i partecipanti erano di età compresa tra 21 e 88 anni e rappresentavano una varietà di classi sociali. Il 12 per cento poteva, in qualche modo, considerarsi più «esperto», per esempio perché aveva seguito un corso di *sommelier* oppure lavorava nell'industria del vino.

LA PAROLA AL PALATO. Una degustatrice valuta alcuni vini presentati a una fiera vinicola istituzionale della California. Una ricerca ha dimostrato che, se non si dichiara il prezzo, non sempre i vini più costosi sono i più apprezzati.

Rich Pedroncelli/AP Photo/LaPresse

I voti delle degustazioni sono stati sottoposti all'analisi statistica da ricercatori dell'Università di Stoccolma e della Yale University, cercando di mettere in relazione il prezzo della bottiglia con il gradimento ottenuto. I risultati sono stati sorprendenti. I ricercatori hanno trovato una leggera correlazione negativa tra prezzo e gradimento. In altre parole, all'aumentare del prezzo il vino è leggermente meno apprezzato.

Se tuttavia si tiene conto solo del giudizio degli esperti la correlazione non è più negativa, anche se il piccolo campione statistico non permette di stabilire se la correlazione sia positiva, cioè se effettivamente un vino più costoso venga apprezzato di più dagli esperti. Quindi i ricercatori avrebbero scoperto che il giudizio degli esperti è diverso da quello dei non esperti, suggerendo che per i non esperti usare i giudizi degli esperti per acquistare vino può non essere la strategia migliore.

Che succede se gli assaggiatori conoscono il prezzo del vino? Il giudizio può esserne influenzato? È quello che ha cercato di stabilire un altro gruppo di ricerca, questa volta californiano. A 20 persone è stato somministrato vino, chiedendo di valutarlo, mentre erano monitorate da una macchina per la risonanza magnetica funzionale. In pratica gli scienziati potevano osservare in tempo reale quali aree del cervello venivano irrorate dal sangue e attivate. Ai soggetti è stato fatto credere che avrebbero assaggiato cinque diversi Cabernet Sauvignon. L'unica informazione fornita era il prezzo del vino. In realtà i vini erano solo tre, di cui due somministrati due volte, con prezzi diversi. Un vino venduto a 90 dollari a bottiglia è stato presentato la metà delle volte con il suo vero prezzo, l'altra metà con il prezzo di 10 dollari. Allo stesso modo un vino da 5 dollari è stato anche presentato come se costasse 45 dollari.

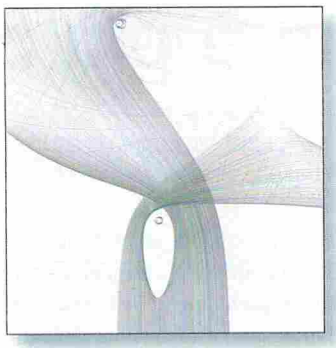
Il risultato è stato che i soggetti dichiaravano di apprezzare di più il vino quando veniva indicato un prezzo più alto, anche se il vino era lo stesso. Che il prezzo possa alterare il gradimento di un bene, modificando le aspettative, era già noto. Il fatto interessante di questo studio è che per la prima volta è stata osservata l'attività del cervello dei soggetti coinvolti nell'esperimento. Nell'area cerebrale responsabile dell'interpretazione degli stimoli primari del gusto come la dolcezza non si sono registrate attività differenziate: quest'area non è «ingannata» dal prezzo e il gusto viene percepito nella stesso modo. A un livello cognitivo più elevato invece, nella corteccia orbito-frontale, dove vengono codificate le esperienze di piacere derivanti dall'odore e dal sapore, a un prezzo più alto corrispondeva un'irrorazione sanguigna più elevata e una soddisfazione maggiore.

Pare quindi che l'aumento di piacere derivante dal consumo di prodotti costosi, almeno in campo gastronomico, sia un effetto reale e più complesso di quanto si credesse fino a oggi.

Il tempo è un'illusione?

DI CRAIG CALLENDER

Il dibattito sulla natura del tempo è uno dei più accesi nella fisica di oggi. Oltre alle due concezioni opposte – che il tempo non esista o che sia ancora più fondamentale di quanto crediamo – se ne sta affermando una terza: il tempo non avrebbe un'esistenza indipendente ma emergerebbe come modo per descrivere le relazioni tra gli oggetti.

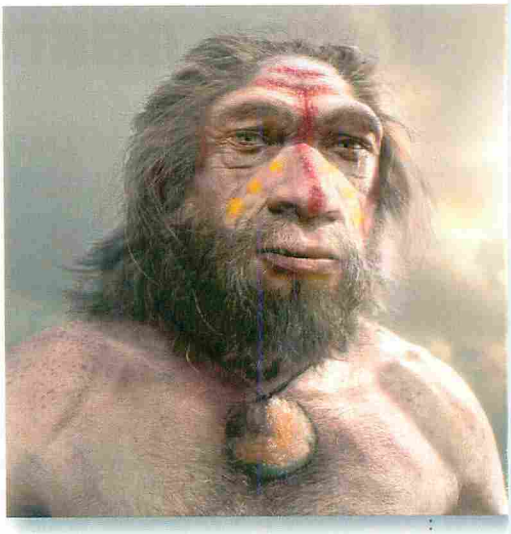


Lo sguardo di Spitzer sul cosmo

DI MICHAEL WERNER

12 eventi che cambieranno tutto

Dalla clonazione di un essere umano alla scoperta di un'intelligenza aliena, dall'impatto di un asteroide alla creazione di un organismo artificiale. Ci sono eventi che potrebbero trasformare radicalmente il mondo in cui viviamo, ma quali sono le probabilità che si verifichino davvero?



Il pensiero simbolico dei Neanderthal

DI KATE WONG

La scoperta di gioielli e pigmenti per pitture corporali è una prova inequivocabile delle capacità cognitive avanzate dei Neanderthal. Un'intervista a João Zilhão, docente di archeologia del Paleolitico, che sostiene da vent'anni questa tesi.

LE SCIENZE S.p.A.
Sede legale: Via Cristoforo Colombo 149, 00147 ROMA.

Abbonamenti e arretrati: 199 700 721
(02 87082433 per chi chiama da telefoni pubblici o cellulari), il costo massimo della telefonata da rete fissa è di 14,26 cent di euro al minuto + 6,19 cent di euro alla risposta (IVA inclusa)

redazione: tel. 06 49823181
e-mail: redazione@lescienze.it
www.lescienze.it

Direttore responsabile
Marco Cattaneo

Redazione
Claudia Di Giorgio (*caposervizio*), Giovanna Salvini (*caposervizio grafico*), Cinzia Sgheri, Ale Sordi (*grafico*), Giovanni Spataro

Collaborazione redazionale
Folco Claudi, Gianbruno Guerrerio
Segreteria di redazione: Mauro Pelella
Progetto grafico: Giovanna Salvini

Referente per la pubblicità
A. Manzoni & C. S.p.A.
agente Paolo Bardelli (tel. 02 57494338, 335 6454332)
e-mail pbardelli@manzoni.it

Pubblicità:
A. Manzoni & C. S.p.A.
Via Nervesa 21, 20139, Milano, telefono: (02) 574941

Distribuzione per l'Italia
Gruppo Editoriale L'Espresso
Divisione La Repubblica,
via Cristoforo Colombo 149, 00147 Roma.

Stampa
Rotosud: Loc. Miole Le Campore-Oricola;
Legatoria Europea (allestimento) Ariccia (Roma).
Copertina: Puntoweb, Via Variante di Cancelliera, snc, 00040 Ariccia (RM).

Consiglio di amministrazione
Corrado Corradi (presidente), Michael Keith Florek (vice presidente), Alessandro Alacevich, Markus Bossle, Stefano Mignanego

Responsabile del trattamento dati (D. lgs. 30 giugno 2003 n.196):
Marco Cattaneo

Registrazione del Tribunale di Milano n. 48/70 del 5 febbraio 1970.

Rivista mensile, pubblicata da Le Scienze S.p.A.
Printed in Italy - giugno 2010

Copyright © 2010 by Le Scienze S.p.A.

ISSN0036-8083

Tutti i diritti sono riservati. Nessuna parte della rivista può essere riprodotta, rielaborata o diffusa senza autorizzazione scritta dell'editore. Si collabora alla rivista solo su invito e non si accettano articoli non richiesti.

SCIENTIFIC AMERICAN

Editor in Chief: Mariette DiChristina; *Managing Editor*: Ricki L. Rusting; *Board of Editors*: Mark Alpert, Steven Ashley, Peter Brown, Stuart F. Brown, Davide Castelvecchi, Graham P. Collins, Mark Fischetti, W. Wayt Gibbs, Marguerite Holloway, Steve Mirsky, Michael Moyer, George Musser, Christie Nicholson, Michelle Press, Michael Shermer, Sarah Simpson, Christine Soares, Gary Stix, Philip M. Yam, Kate Wong.

President Steven Inchcoombe;
Vice president and publisher: Bruce Brandfon;
Art Director, Edward Bell

Hanno collaborato a questo numero
Per le traduzioni: Marianna Bergamin: *Una lente più potente per le malattie*; Andrea Capocci: *Con gli occhi dei neutrini*; Mauro Capocci: *La cura che viene da dentro*; Silvio Ferraresi: *La visione cieca*; Andrea Cavatorti: *Nuove varietà di manioca per battere la fame*; Alfredo Tutino: *Geni, cultura e dieta*, *Le piante artiche soffrono il caldo.*

In conformità alle disposizioni contenute nell'articolo 2 comma 2 del «Codice Deontologico relativo al trattamento dei dati personali nell'esercizio dell'attività giornalistica ai sensi dell'Allegato A del Codice in materia di protezione dei dati personali ex d.lgs. 30 giugno 2003 n.196», Le Scienze S.p.A. rende noto che presso la sede di Via Cristoforo Colombo, 163, 00147, Roma esistono banche dati di uso redazionale. Per completezza, si precisa che l'interessato, ai fini dell'esercizio dei diritti riconosciuti dall'articolo 7 e seguenti del d.lgs.196/03 - tra cui, a mero titolo esemplificativo, il diritto di ottenere la conferma dell'esistenza di dati, la indicazione delle modalità di trattamento, la rettifica o l'integrazione dei dati, la cancellazione ed il diritto di opporsi in tutto od in parte al relativo utilizzo - potrà accedere alle suddette banche dati rivolgendosi al Responsabile del trattamento dei dati contenuti nell'archivio sopraindicato presso la Redazione di Le Scienze, Via Cristoforo Colombo, 163, 00147 Roma.

ABBONAMENTI SOMEDIA S.p.A.
Casella Postale 10055 - 20111 Milano
Tel.199.700721 (02 87082433 per chi chiama da telefoni pubblici o cellulari), il costo massimo della telefonata da rete fissa è di 14,26 cent di euro al minuto + 6,19 cent di euro alla risposta (IVA inclusa); Fax 02 70648237
Abbonamenti aziendali e servizio grandi clienti
Tel. 02 70648277, Fax. 02 26681991

	Italia
abb. annuale	€ 39,00
abb. biennale	€ 75,00
abb. triennale	€ 99,00
copia arretrata	€ 7,80
	Estero
abb. annuale	€ 52,00
abb. biennale	€ 87,00
abb. triennale	€ 110,00

Accertamento diffusione stampa certificato n. 6671 del 1/12/09

Keith Peters (*Illustrazione*); NASA/JPL-Caltech/J. Stauffer, SSC/Caltech (*Orione*); Viktor Deak (*Neanderthal*)

VOTA IL LUOGO ITALIANO CHE VUOI FAR CONOSCERE E AMARE.
INSIEME LO PROTEGGEREMO.

Per unire l'Italia ci sono voluti mille uomini. Per salvarla basti tu.
Se, come Garibaldi,hai l'Italia nel cuore, segnalaci il luogo che vorresti far conoscere, amare e tutelare. Partecipa al 5° Censimento dei LUOGHI DEL CUORE promosso dal FAI e da Intesa Sanpaolo.

Un borgo, un oliveto, una pieve, una spiaggia da preservare, un'antica dimora da valorizzare. Luoghi inconfondibilmente italiani in cui ognuno di noi può ritrovarsi. La tua segnalazione è il primo passo per non vederli scomparire.

I luoghi del cuore.
Insieme a te li scopriremo.
Insieme a te faremo di tutto per proteggerli.

Puoi votare il tuo Luogo del Cuore:

- Compilando la cartolina che trovi nelle filiali Intesa Sanpaolo, nei Beni FAI e presso le Delegazioni FAI.
- Sul sito www.iluoghidelcuore.it
- Con Messenger e su msn http://iluoghidelcuore.msn.it

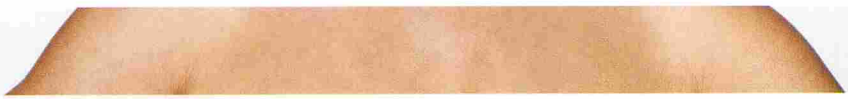
I LUOGHI DEL CUORE
LA TUA SEGNALAZIONE SALVA.
www.iluoghidelcuore.it

FAI Fondo Ambiente Italiano

INTESA SANPAOLO

Il Censimento è realizzato sotto l'Alto Patronato del Presidente della Repubblica e con il Patrocinio del Ministero per i Beni e le Attività Culturali.

KING OF THE OFFICE



KING OF THE BEACH

KING OF THE BEDROOM

Strumenti per te, dalla testa ai piedi.

Qualsiasi situazione devi affrontare, Philips ti offre gli strumenti professionali per radere viso e corpo. Scopri come realizzare il tuo look su www.philips.it/grooming

PHILIPS

sense and simplicity